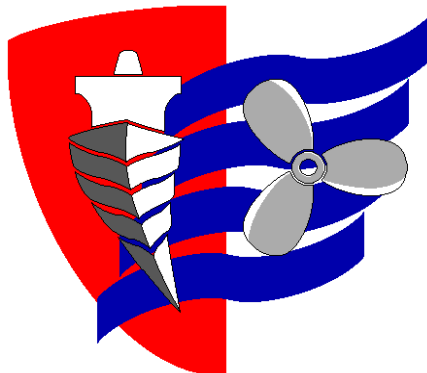


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**PREVENCIÓN MEDIANTE ALTERNATIVAS DE
GESTIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS Y AGUAS
RESIDUALES EN BUQUES DE PASAJE TIPO
CRUCERO**

***(PREVENTION THROUGH SUSTAINABLE
MANAGEMENT ALTERNATIVES FOR WASTE AND
WASTEWATER IN CRUISE PASSENGER SHIPS)***

Para acceder al Título de Grado en
INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

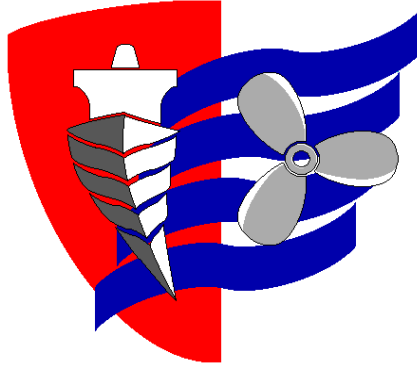
Autor: Asier Trancho Bedoya

Director: Alberto Coz Fernández

Codirectora: Juana María Martín Alonso

Octubre - 2018

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**PREVENCIÓN MEDIANTE ALTERNATIVAS DE
GESTIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS Y AGUAS
RESIDUALES EN BUQUES DE PASAJE TIPO
CRUCERO**

***(PREVENTION THROUGH SUSTAINABLE
MANAGEMENT ALTERNATIVES FOR WASTE AND
WASTEWATER IN CRUISE PASSENGER SHIPS)***

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

Octubre – 2018

Índice.

RESUMEN.....	5
PALABRAS CLAVE.....	6
ABSTRACT.....	7
KEYWORDS.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1 Estudio de las competencias de salvamento marítimo y de la legislación en contaminación marina.....	12
1.2 Estudio de la gestión nacional de contingencia de productos químicos e hidrocarburos.....	16
1.3 Análisis de los tipos de residuos generados en contaminación marina..	23
1.3.1 Tipos de vertidos con los datos de vigilancia aérea.....	23
1.4. “Ciudades flotantes”.....	28
1.5. Importancia de la prevención en la jerarquía de gestión de residuos actual.....	31
2. METODOLOGÍA	35
3. DESARROLLO	40
3.1 Estudio de alternativas de valorización de los residuos producidos a bordo de un crucero.....	40
3.1.1. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (BASURAS SÓLIDAS), MARPOL ANEXO V.....	43

3.1.2. ALTERNATIVAS Y MEJORAS PARA ESTOS EQUIPOS DE TRATAMIENTOS DE BASURAS: TURBO-SECADOR.....	50
3.1.3. CONTAMINACIÓN MARINA POR PLÁSTICOS.....	56
3.1.4. OTRAS ALTERNATIVAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS SÓLIDOS.....	62
3.1.5. GESTION Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A BORDO, (MARPOL ANEXOS I, II, IV)	63
3.1.6. LICUEFACCIÓN HIDROTÉRMICA.....	72
3.1.7. MÉTODOS INNOVADORES ALTERNATIVOS Y COMPLEMENTARIOS A LOS MÉTODOS CONVENCIONALES DE GESTIÓN DE RESIDUOS DESARROLLADOS EN LA ACTUALIDAD POR GEA.....	78
3.1.8. CONTAMINACIÓN MARINA POR AGUAS DE LASTRE (BALLAST WATER)	79
 4.CONCLUSIONES	 83
 5.BIBLIOGRAFÍA.	 87

RESUMEN:

Solo hasta que ocurre una tragedia no nos percatamos de los peligros que entrañan nuestras acciones, no solo sobre nosotros mismos sino también sobre el medio ambiente.

En este caso más específico voy a tratar el transporte marítimo en España y los peligros que este alberga, siendo uno de los principales, la contaminación del medio marino producido por vertidos accidentales o deliberados debidos a una “práctica inadecuada”, mal control de dichos residuos a bordo y/o no disponer de unos estándares y pasos adecuados a seguir para su tratamiento y almacenamiento.

Casos como el del M/V Prestige, M/V Urquiola o M/V Irenes Serenade, que son recientes y nos tocan de cerca hicieron modificar y renovar la normativa, regulación y planes nacionales de lucha contra la contaminación marina (por hidrocarburos), ya que anteriormente estábamos muy obsoletos con respecto a Europa y a años luz de los países nórdicos y Norte América.

Actualmente evitamos volver a caer en errores del pasado y que vuelvan a ocurrir catástrofes como las anteriormente citadas mediante medidas preventivas tales como: frecuentes controles a los buques, estrictas regulaciones, monitorización apropiada, vigilancia del tráfico marítimo (aérea y digital mediante radar). También deben existir planes que gestionen una situación crítica posterior al vertido, tales como su detección, ejecución y protocolo a seguir para prevenir un daño mayor, siendo una de estas acciones la valorización de dicho vertido en la mar. Pero es más importante aún desarrollar acciones que promuevan la prevención de dichos vertidos, como la valorización de los residuos de a bordo, al igual que se lleva a cabo en tierra, ya que al fin y al cabo los grandes cruceros son como” ciudades flotantes”.

De esta manera, disminuiría la gravedad y cantidad de residuos vertidos accidentalmente y habría un aprovechamiento energético de los residuos a bordo, para así evitar a su vez los vertidos intencionados, ya que estos dejarían de ser una carga dañina y costosa a bordo y pasarían a ser un recurso energético de gran importancia.

Es este último tema en el que me voy a centrar como idea principal para mi trabajo de fin de grado, que espero muestre mis conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera durante estos años de estudio.

Para llevarlo a cabo, inicialmente busqué información sobre formas de gestión y contención de los vertidos, viendo que la información que existe prácticamente se basa en hidrocarburos y petróleo, ya que son los más dañinos y con mayor repercusión, aunque también se deben establecer y existen metodologías para los demás tipos de vertidos, tales como los de sustancias químicas nocivas, orgánicas o plásticos. A continuación, me centré en buscar cuales son los buques más problemáticos en nuestras costas en ese sentido, para así conocer el tipo de vertido más habitual y saber su naturaleza.

Tras dicho estudio, concluí que los buques tipo pasaje y, en concreto el crucero, son el tipo de buque más problemático en nuestras costas, sobre todo en el Mar Mediterráneo. En este sentido, habría que aplicar medidas de prevención para frenar este tipo de contaminación, ya que la gestión y valorización tras el vertido es insuficiente.

Una vez determiné los tipos de residuos más comunes producidos en los cruceros, me centré en buscar información sobre procesos innovadores y respetuosos que se lleven a cabo en tierra, con residuos igual o similares a los generados a bordo, para así proponer su implantación también en los buques. Algunos ejemplos de estas alternativas serían: **introducir botellas de agua creadas a partir de algas, turbo-secadoras para los residuos sólidos, flujo continuo de agua de lastre o la licuefacción hidrotérmica para las aguas residuales**, con el fin de sustituir o complementar los métodos actuales menos sostenibles de los que previamente me he informado y he expuesto, y así, dar de esta manera un mayor aprovechamiento de estos residuos y aguas residuales.

Palabras clave: CONTAMINACIÓN MARINA, RESIDUOS, HIDROCARBUROS, PLÁSTICOS, VALORIZAR, VERTIDO.

ABSTRACT:

Only until a tragedy occurs we do not realize the dangers that our actions entail, not only to ourselves but also to the environment.

In this more specific case, I am going to discuss maritime transport in Spain and the dangers it harbors, one of the main ones being pollution of the marine environment caused by accidental or deliberate spills due to an "inadequate practice", poor control of said waste on board and / or not having adequate standards and steps to follow for their treatment and storage.

Cases such as the M / V Prestige, M / V Urquiola or M / V Irenes Serenade, which are recent and touch us closely, have modified and renewed the regulations, regulations and national plans to combat marine pollution (by hydrocarbons), since previously we were very obsolete with respect to Europe and light years of the Nordic countries and North America.

Currently we avoid falling back into past mistakes and that catastrophes like the ones previously mentioned occur again through preventive measures such as: frequent checks on ships, strict regulations, proper monitoring, surveillance of maritime traffic (aerial and digital radar).

There must also be plans that manage a critical situation subsequent to the spill, such as its detection, execution and protocol to be followed to prevent further damage, one of these actions being the valorization of said spill at sea.

But it is even more important to develop actions that promote the prevention of such discharges, such as the valuation of onboard waste, just as it is carried out on land, since in the end the big cruises are like "floating cities"

In this way, the severity and amount of waste accidentally discharged would decrease and there would be an energetic use of the waste on board, in order to avoid intentional discharges, since these would stop being a harmful and expensive load on board and would go on to be an energy resource of great importance.

In this last topic, it is in which I am going to focus as the main idea for my end of degree work, which I hope will show my knowledge acquired throughout the course of these years of study.

To carry it out, initially I searched for information on ways to manage and contain oil and hydrocarbon spills, since they are the most harmful and have the greatest impact, although methodologies must also be established for other types of discharges, such as of harmful chemical, organic or plastic substances. Next, I focused on finding the most problematic vessels on our coasts, in order to know the most common type of discharge and to know the nature of this waste.

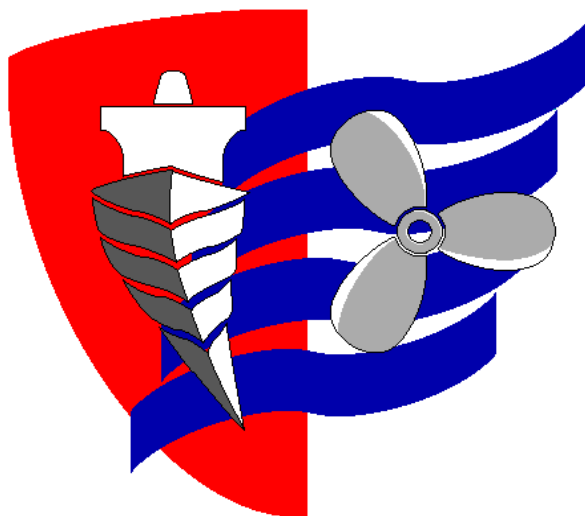
After this study, I concluded that the passenger ships, more specifically the cruise, are the most problematic type of ship on our coasts, and in the Mediterranean Sea. Therefore, prevention measures should be applied to stop this type of contamination, since the management and recovery after the spill is insufficient.

To conclude, once I determined the most common types of waste produced in cruise ships, I focused on finding information on innovative and respectful processes that are carried out on land, with waste equal to or similar to those generated on board, in order to implement them as well on ships, such as: **introducing water bottles created from algae, turbo-dryers for solid waste, continuous flow of ballast water and finally hydrothermal liquefaction for wastewater**, in order to replace or complement the current less sustainable methods, those that I have previously informed and exposed, and thus, give this way a greater use of the residues.

Keywords: MARINE POLLUTION, WASTE, HYDROCARBONS, PLASTICS, VALORIZATION, SPILL.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación marina por derrame de hidrocarburos al mar produce enormes catástrofes en el medio ambiente y una creciente alarma social que puede llegar a ser de carácter internacional por las consecuencias que ese derrame ocasiona, no solo al medio marino como escenario particular, sino también a la vida cotidiana del ser humano como escenario general.

Los efectos que puede causar un derrame de hidrocarburos al mar en una situación concreta dependerán de muchos factores entre los que podemos citar en primer lugar el volumen de hidrocarburos derramados, sus características físico-químicas y toxicológicas (en particular aquéllas que determinan la capacidad que tengan los hidrocarburos para persistir en el entorno), en segundo lugar su condición (como mancha que posee flotabilidad o como mancha dispersa en columna de agua) y para finalizar, sus diferentes aspectos en el momento del derrame, es decir, la época del año, la presencia de estructuras o recursos en la trayectoria del derrame o el desplazamiento del derrame en relación con la naturaleza y la mezcla de sedimentos, así como la topografía del fondo marino y la geomorfología de la costa.

La variabilidad de éstos y otros factores, así como su interacción, pueden conducir a una amplia gama de efectos ecológicos, económicos y físicos. Desde un principio se debe distinguir entre los efectos de los hidrocarburos derramados propiamente dichos y los efectos de las medidas de limpieza que en cada caso se utilizan. Los tipos principales de medidas correctoras (control y recuperación) implican medios manuales, mecánicos y químicos (IMO-MARPOL, 2005).

Teniendo en cuenta la variabilidad de los factores mencionados anteriormente, encontramos una amplia bibliografía tanto de artículos como de diferentes estudios todos ellos enmarcados en el ámbito de la contaminación marina y sus efectos sobre el medioambiente y la fauna. Estos trabajos ponen en relieve distintos escenarios o campos dentro de los cuales los investigadores analizan los efectos ecológicos, físicos e incluso económicos de un vertido.

Se podría decir, que se realiza un análisis más allá de la erosión o la agresión que el vertido provoca de manera directa al medio marino, encontrándonos referencias en el ámbito de las ciencias medioambientales (Farrington, 2014, Zaghdien et al., 2014), de la biología marina (Mayer-Pinto et al., 2015), de la toxicología (Li, Gao, 2014, Koutsogiannaki et al., 2015), de la zoología (Snyder et al., 2014) e incluso de la biología molecular (Lozada et al., 2014), amén de la amplísima bibliografía sobre los efectos económicos de la polución marina (Jang et al., 2014, Rabotyagov et al., 2014).

A lo largo de las últimas décadas se ha intentado mayoritariamente por parte de todos aquellos países que han sufrido en sus costas importantes accidentes marítimos con buques que transportaban productos petrolíferos o derivados del petróleo (M/V Urquiola en La Coruña- España (1976) con 100.000 tn, M/V Irenes Serenade en el Mar Mediterraneo en el año 1980 con 100.000 tn, M/V Prestige en la Costa de la muerte en el año 2002 con 63000 tn) intentar reducir de manera definitiva la contaminación marina accidental mediante la aplicación entre otras medidas de normativa nacional e internacional enfocada a la minimización del daño al medio marino por derrame de hidrocarburo al mar de manera accidental.

Así, podemos definir derrame de petróleo o marea negra al vertido de este hidrocarburo que se produce debido a un accidente o práctica inadecuada y que contamina al medio ambiente, especialmente el mar. Podemos afirmar que debido a accidentes recientes (M/V Delta Niger de bandera Nigeriana el 2010 derrama en Nigeria 14000 tn de petróleo) queda demostrado que es muy difícil eliminar completamente este tipo de contaminación marina. Pero la contaminación marina no es unicamente producida por derrame hidrocarburos, sino que hay una gran variedad de agentes contaminantes tales como aguas de lastre con especies acuáticas invasivas, sustancias químicas nocivas y peligrosas, aguas con restos de desechos orgánicos y por último pero no menos importante: los plásticos.

Sin embargo, hay otro tipo de contaminación marina(no todos los vertidos se producen accidentalmente como es evidente) denominada deliberada, o contaminación por prácticas “inadecuadas” a través de las descargas ilegales desde los buques al mar, que en distintos estudios científicos como el de G.Ferraro, (Ferraro et al., 2009) reflejan que estas prácticas pueden ser reducidas mediante la existencia de estrictas regulaciones y controles a los buques y una apropiada monitorización y vigilancia del tráfico marítimo (Martín Alonso, 2015).

Este tipo de contaminación, como se refleja en algunos estudios científicos (Ferraro et al., 2007) está considerada como una fuente importante de contaminación marina y son prácticas cada vez más generalizadas en el sector marítimo. Numerosos estudios como el titulado “Estimating discharge rates of oily wastes and deterrence based on aerial surveillance data collected in western Canadian marine waters” (O'Hara et al., 2013), así lo confirman (Martín Alonso, 2015).

1.1 Estudio de las competencias de salvamento marítimo y de la legislación en contaminación marina.

Antes de hablar de las competencias de salvamento marítimo concernientes a la contaminación marina deberíamos retrotraernos a el pasado para observar y comparar la legislación y regulación que existía anteriormente y cómo hemos ido ampliando y actualizando las normas ya existentes, fomentado en su mayoría, como ya comenté, por catástrofes marítimas que nos hicieron reflexionar y ver que algo hacíamos mal o que no existía regulación para ello.

Con el paso de los años se han desarrollado dos tipos de medidas complementarias, que van a ayudar a reducir la contaminación marina por descargas ilegales desde los buques. Por un lado, las regulaciones y controles a los buques. Por otro, la monitorización y vigilancia del tráfico marítimo (Martín Alonso, 2015).

A partir de mediados del siglo pasado se estableció el convenio OILPOL 1954/1962, cuyo objetivo es prevenir las descargas operativas al medio marino y modificaciones posteriores, que han sido la base para la creación del Convenio Internacional para la Prevención de la contaminación por hidrocarburos desde los buques (MARPOL 73/78), en vigor en 1983.

En dicho convenio quedan especificados los requerimientos regulatorios para cualquier descarga operacional al mar.

A pesar de las regulaciones contenidas en MARPOL, el número de descargas al mar mediante descargas ilegales según países situados en el mar del norte continuaban aumentando progresivamente a lo largo del tiempo.

Es por ello que en el año 1987 los Estados ribereños del mar del norte declaran conjuntamente intensificar la vigilancia en el aire para hacer cumplir las regulaciones internacionales en materia anticontaminación (Anon, 1995b). Como resultado, nace el acuerdo regional para la cooperación en el tratamiento de la contaminación de la mar del norte por petróleo u otras sustancias nocivas (1969/1983), conocido como el Acuerdo de Bonn (BA), el cual fue modificado en 1989, por los Estados ribereños del mar para llevar a cabo actividades de vigilancia en sus zonas de responsabilidad (Acuerdo de Bonn, 2001). A pesar de estas medidas el aumento de las descargas ilegales al mar continuaba aumentando y por ello la Organización Marítima Internacional (OMI) decide tomar más medidas sobre el tema (Anon, 1995).

Un primer paso fue la adopción de normas y reglamentos de la OMI en 1999, en las aguas del noroeste incluidas el mar del norte que pasaron a denominarse áreas sensibles o especiales para cualquier tipo de vertido de hidrocarburo y donde la aplicación del anexo MARPOL en relación a descargas ilegales es mucho más estricto y de obligado cumplimiento para el tráfico marítimo que discurre por estas aguas. Posteriormente se establecen medidas a nivel nacional, regional y europeo con el establecimiento de las zonas económicas exclusivas y su jurisdicción, y la intensificación del control en los puertos a través de las inspecciones para la detección de descargas ilegales en el mar (CONSSO, 2002).

Todas estas acciones encaminadas a fortalecer el control y la aplicación efectiva del MARPOL para la mejora de la prevención en la lucha contra la contaminación marina y la mejora de la cooperación internacional llevaron a la Comunidad Europea en el año 2000 a adoptar la Directiva (2000/59/CE) (Unión Europea, 2000), sobre recepción e instalaciones en Puerto para la recepción de residuos aceitosos procedentes de los buques y obligación de los buques de entregar sus residuos aceitosos a las instalaciones de recepción antes de salir de un puerto europeo (Carpenter, Macgill, 2003, Unión Europea, 2000).

Esta directiva que los Estados miembros han implementado gradualmente en años sucesivos ha tenido un efecto drástico en la reducción de contaminación en puertos como Amberes y Rotterdam (Van Passen, 2011, Prinssen, 2011).

Es muy probable que cada una de las medidas preventivas, disuasorias y represivas citadas anteriormente hayan contribuido a una tendencia decreciente de la contaminación marina por hidrocarburos (Carpenter, 2007) y una consecuente disminución del número de aves marinas contaminadas (Camphuysen, 2010).

La vigilancia aérea es un método muy bien aceptado para el control y vigilancia de la contaminación marina al mar (Volckaert et al., 2000, Carpenter, 2007). Por poner un ejemplo Bélgica inició su servicio de vigilancia aérea programada en el año 1991. La zona de vigilancia aérea que se definió para Bélgica fue la zona SAR conjunta de Bélgica, Francia y el Reino Unido, que se extendió posteriormente a Holanda (Schallier, R., Loicq, B., Jacques, T.G., 2008). Así podemos decir que Bélgica lleva monitorizando y vigilando el tráfico marítimo desde el año 1991.

Hay que tener en cuenta que la probabilidad de detectar una mancha depende de la frecuencia de los vuelos, del número de horas de vuelo sobre mar, de la naturaleza de la mancha y de duración de la descarga de la mancha (Volckaert et al., 2000, Scory, 2005), ya que la cantidad de hidrocarburo derramada al mar es muy difícil de evaluar si no se dispone de un buen sistema de monitorización o una buena tecnología de detección y evaluación eficiente del derrame. Así pues la tecnología radar (SAR) es una de la más eficaces tecnologías para ayudar a identificar y controlar el petróleo en grandes áreas remotas. Desde el lanzamiento en Seasat en 1978, ha habido grandes avances en el uso de plataformas Satelitaria para la detección y caracterización del hidrocarburo en la superficie del mar.

Internacionalmente, se ha implementado el servicio Canadiense (CIS) programa de seguimiento por satélite de contaminación (ISTOP) que controla y monitoriza las presuntas áreas de contaminación (Caruso et al., 2013). Este programa utiliza imágenes satelitales que reduce el coste de la vigilancia aérea a través del apoyo de unas 900 imágenes satelitarias (Gauthier et al., 2007).

La Agencia Europea de Seguridad Marítima utiliza CleanSeaNet exclusivamente para la detección de la contaminación marina por hidrocarburos.

Actualmente se está trabajando en el diseño de sensores de polarimetría SAR (Raney, 2007) capaces de combinar múltiples resoluciones espaciales a través de la polarización (Martín Alonso, 2015).

A continuación, mostraré las competencias de las distintas administraciones, tanto nacionales y autonómicas, como también locales:

- La Administración General del Estado, a través del Ministerio de Fomento y de la Dirección General de la Marina Mercante, tiene a su cargo el cumplimiento de los Convenios y Acuerdos Internacionales en materia de prevención y lucha contra la contaminación marina.

- La Ley 27/1992 de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, atribuye a la Administración Marítima la competencia en la protección del medio ambiente marino, la seguridad en la navegación y de la vida humana en la mar (Art. 74), asignando a la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima, entre otras, las tareas de prevención y lucha contra la contaminación del medio marino, así como el salvamento de la vida humana en la mar (Art. 90).

- Los Gobiernos de las Comunidades Autónomas:

tienen competencias medioambientales dentro de su territorio, de acuerdo con sus respectivos Estatutos de Autonomía.

- Las Administraciones Locales, de municipios costeros:

tienen también competencias en cuanto a la limpieza de sus playas y costas.

Para concluir con este punto, resumiré y citaré las principales tareas que lleva a cabo Salvamento Marítimo para ser más específico, siendo estas las siguientes:

- Detectar y sancionar descargas operacionales ilegales.

- Realizar una vigilancia aérea que facilite la actividad anterior, siendo una herramienta muy útil y eficaz prevención y detección.

- Actuar ante un derrame de hidrocarburos, producido por contaminación marina accidental.

Yo me centraré más en esta última tarea mencionada: con el objeto de dar respuesta a los derrames de hidrocarburos producidos en la mar, Salvamento Marítimo cuenta con una serie de equipos diseñados específicamente para este tipo de vertidos, tales como barreras, skimmers, absorbentes, etc.

Ante una emergencia de contaminación por hidrocarburos Salvamento Marítimo evalúa el producto contaminante como parte del análisis de la situación. Conocer de qué producto se trata, sus propiedades y cualquier otra información adicional sobre su comportamiento en la mar es fundamental para valorar las técnicas de respuesta para combatir el derrame.

Cuando se derrama en la mar, el hidrocarburo sufre un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que se conoce como envejecimiento del hidrocarburo: evaporación, emulsificación, disolución, oxidación, dispersión, biodegradación, esparcimiento y sedimentación. La importancia de cada uno de estos procesos depende de la cantidad y del tipo de hidrocarburo derramado, y de las condiciones meteorológicas y del medio marino. Las propiedades del hidrocarburo afectan a su comportamiento en el medio marino, fundamentalmente la densidad, la viscosidad, el punto de ebullición y el punto de fluidez.

Cuando hay un derrame de otras sustancias nocivas y potencialmente peligrosas Salvamento Marítimo cuenta con el centro CEREMMP (Centro Español de Respuesta ante Emergencias durante el Transporte Marítimo de Mercancías Peligrosas), a través del cual la industria especialista en el producto asesora sobre la naturaleza de la sustancia, así como sobre las medidas de respuesta más adecuadas.

A continuación para el siguiente apartado del planteamiento me he basado en un trabajo de fin de master de un alumno de mi facultad llamado Alejandro Orviz Gómez, que versa sobre el sistema de gestión para vertidos de hidrocarburos en alta mar, del que he tomado ideas dentro de la introducción en el apartado de metodología:

1.2 Estudio de la gestión nacional de contingencia de productos químicos e hidrocarburos.

Lo primero antes de todo será definir lo que son los hidrocarburos, y según el tipo que sea, cómo afectará en mayor o menor medida al medio marino:

Se denominan hidrocarburos aquellos compuestos orgánicos que están formados por hidrógeno y carbono como elementos más abundantes, llegando a ser el 98% para algunos y el 100% en derivados de refinería.

Podemos hacer la distinción entre el “hidrocarburo no-persistente o hidrocarburo ligero”, que tiende a desaparecer rápidamente de la superficie del mar como es el caso de la gasolina, nafta, queroseno y diesel y el “hidrocarburo persistente o hidrocarburos pesados” que se disipa más lentamente y requiere operaciones de limpieza, como la mayoría de los crudos y productos refinados pesados. Es más probable que los hidrocarburos ligeros causen efectos tóxicos localizados graves. Por lo general los hidrocarburos pesados son menos tóxicos, pero debido a su persistencia pueden contaminar superficies a lo largo de grandes zonas (Orviz Gómez, 2012).

Ante un Derrame de Hidrocarburos tenemos que tener presente que existen Planes de Contingencia de obligado desarrollo y que, para el cumplimiento de la normativa Internacional, la Administración Española mediante el Ministerio de Fomento y junto a la Dirección General de la Marina Mercante regula.

Existen cuatro clases de planes de contingencia según las zonas a las que afecte el vertido de hidrocarburo:

-Plan Interior de Contingencias: Cuyo ámbito de aplicación se refiere a una determinada instalación Mar adentro, Puerto o Terminal Marítima de carga/descarga de productos potencialmente contaminantes.

-Plan Territorial de Contingencia: se refiere a la lucha contra la contaminación del litoral de una Comunidad Autónoma.

-Plan Nacional de Contingencia: tiene su ámbito de aplicación en el Mar Territorial y Zona Económica Exclusiva bajo jurisdicción de la Autoridad Marítima Nacional.

-Plan Internacional de contingencia: se aplicaría si estuvieran afectados 2 o más países próximos (Orviz Gómez, 2012).

Cuando el suceso de contaminación marina afecte solamente a una instalación mar adentro, a un puerto, a un terminal marítimo o industria litoral y los medios de respuesta disponibles son suficientes para combatir el derrame, se activará el Plan Interior, no obstante, se informará inmediatamente del suceso a la correspondiente Capitanía Marítima y a las Autoridades Autonómicas competentes en prevención de que sea necesario activar otro plan.

Si la contaminación se produce en una zona limitada del litoral y en el caso de que la contaminación producida en un puerto, industria litoral, terminal marítimo o instalación mar adentro, alcance tales proporciones que los medios disponibles no son suficientes para combatir el derrame, y este puede afectar a una zona limitada de litoral o a una gran extensión de costa se activará el Plan Territorial (Orviz Gómez, 2012).

En todos los casos en que la contaminación sea consecuencia de un accidente marítimo en el que esté involucrado uno o más buques, tal como una colisión, una varada o averías en el casco de un buque, se activará el Plan Nacional, así como en los casos previstos en los párrafos anteriores cuando los medios disponibles en el puerto, terminal o Comunidad Autónoma afectada no sean suficientes para combatir el derrame.

Cuando la extensión del derrame permita suponer que puede verse afectada la costa o las aguas de otra nación vecina, se ha de dar conocimiento a las Autoridades del País afectado y a los organismos internacionales para activar el Plan Internacional. Dependiendo de las circunstancias, puede estar activado más de un Plan de Contingencias, por lo que es necesario establecer los “campos de actuación” en función de las competencias de las distintas Autoridades involucradas y los mecanismos de coordinación de operaciones entre los Grupos de Respuesta pertenecientes a distintos Planes (Orviz Gómez, 2012).

Estos sistemas de contingencia no son únicamente utilizados para hidrocarburos, sino que se emplean para cualquier tipo de vertido de residuos que sean una amenaza para el medio marino, pudiendo ser sustancias nocivas químicas, de origen nuclear, etc.

Mediante este esquema que adjunto a continuación se pueden ver los criterios a seguir para la activación de un plan de contingencia:

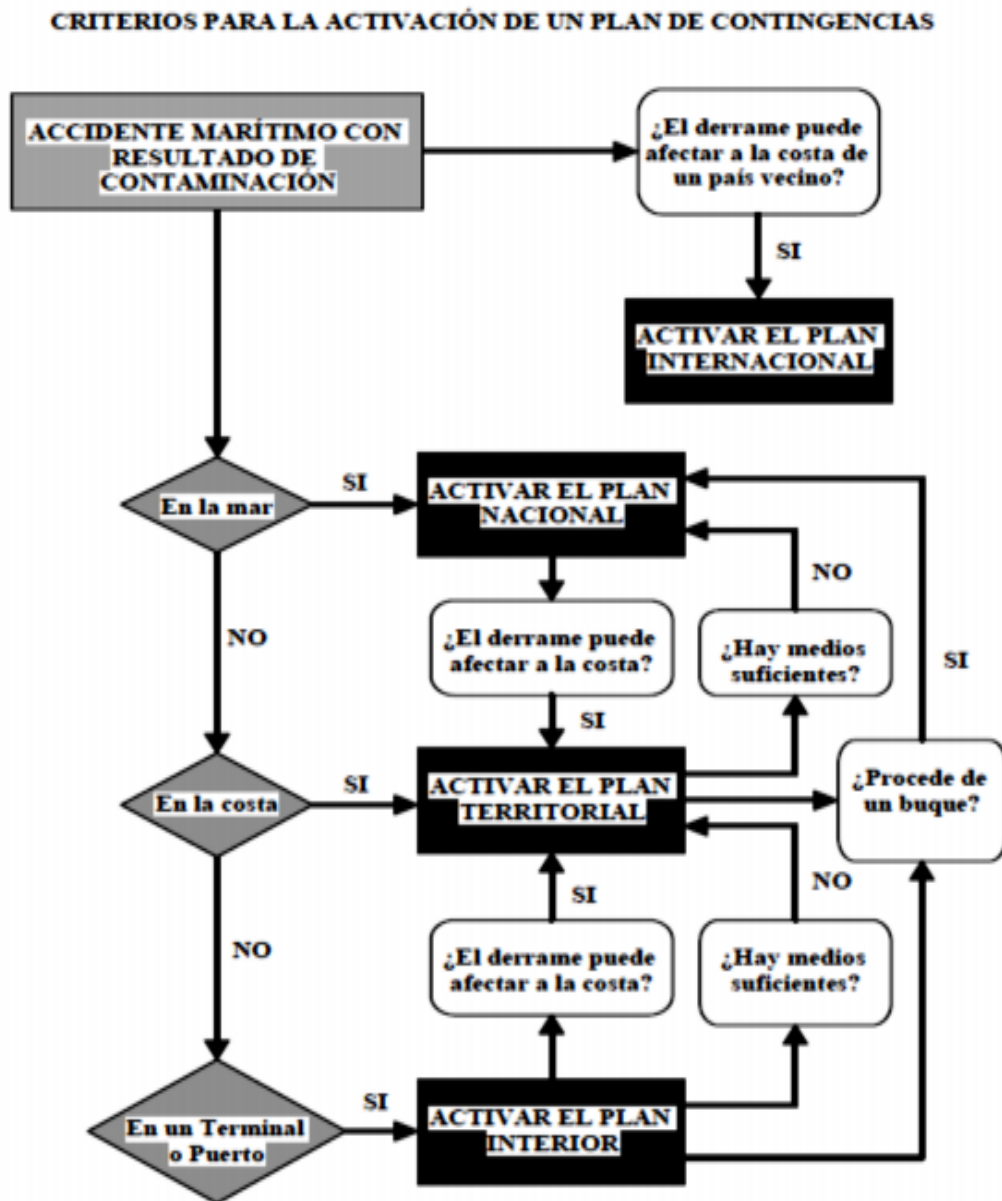


Figura 1: Criterios para la activación de un plan de contingencias

Fuente: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/6361/Alejandro%20Orviz%20G%C3%B3mez.pdf?sequence=1>

Y mediante este otro esquema podremos ver de manera sintetizada el sistema directivo y operativo del plan nacional de contingencia:

ESQUEMA DIRECTIVO Y OPERATIVO DEL PLAN NACIONAL DE CONTINGENCIAS

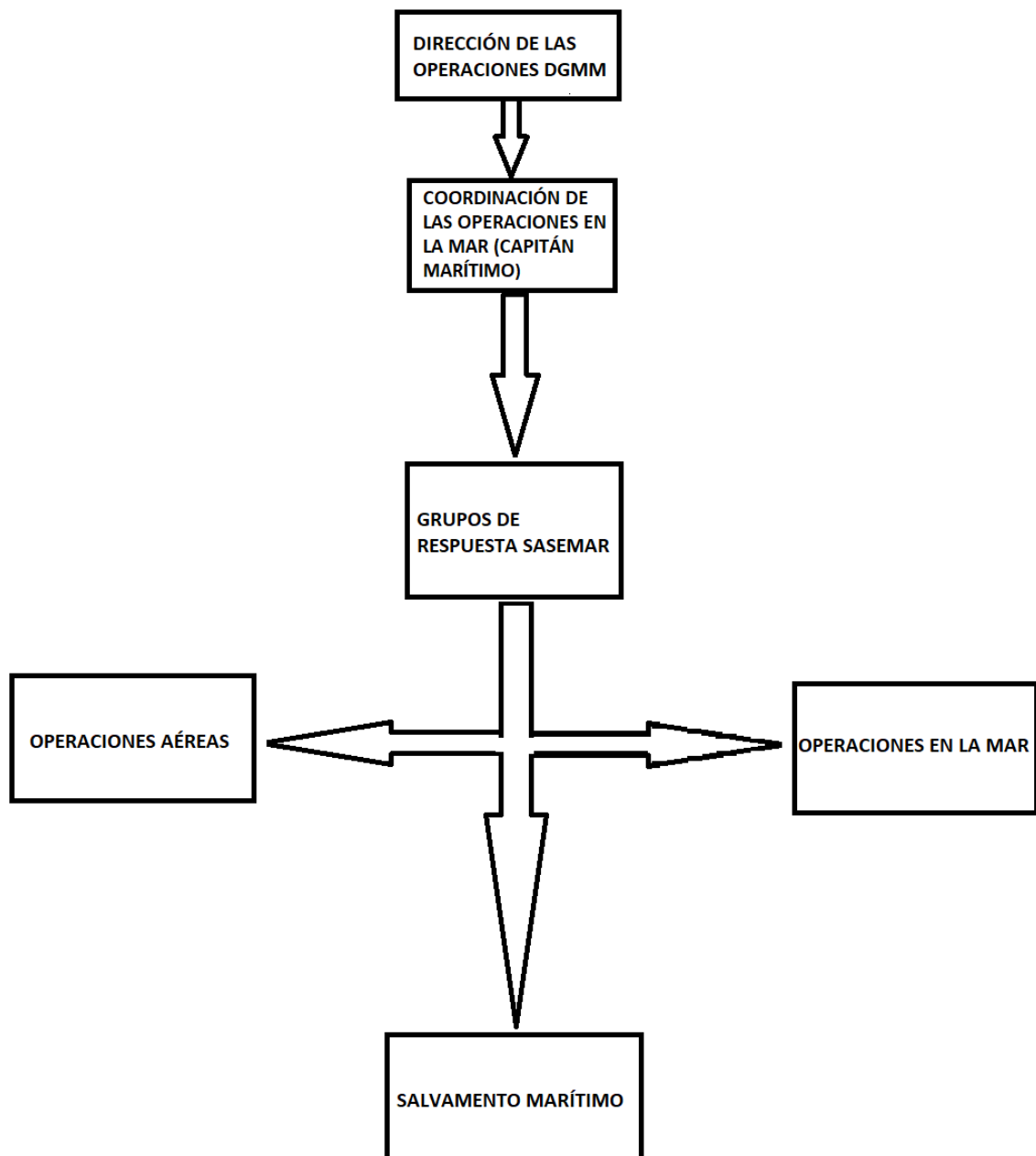


Figura 2: Esquema directivo y operativo del plan nacional de contingencia

Fuente: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/6361/Alejandro%20Orviz%20G%C3%B3mez.pdf?sequence=1>

La contención del derrame es una tarea fundamental y tiene tres propósitos fundamentales (a veces no es posible debido a las condiciones meteorológicas):

- Mantener el derrame en un lugar determinado.
- Mantener el derrame alejado de un área determinada.
- Dirigir el derrame hacia un punto determinado

Los métodos generalmente empleados para la contención de hidrocarburos son las Barreras. Estas pueden ser utilizadas con diferentes objetivos:

- Impedir que la descarga inicial se propague. Exige una utilización inmediata de barreras.
- Impedir que se propaguen las descargas continuas y posteriores.
- Cercar a los hidrocarburos para su recuperación posterior.
- Proteger los recursos y zonas sensibles antes de la llegada de los hidrocarburos.
- Desviar de los recursos y zonas sensibles un vertido que se está propagando.
- Desviar el vertido hacia zonas en las que se puedan recuperar hidrocarburos con más facilidad.

La cualidad más importante de un cerco o barrera es su capacidad de Contención del hidrocarburo que vendrá determinada por su comportamiento en relación con el agua, por ello deberá poseer la suficiente flexibilidad para adaptarse al movimiento de las olas, pero al mismo tiempo ser lo suficientemente rígido para retener tanto hidrocarburo como sea posible. Las barreras son incapaces de retener hidrocarburos con velocidades del agua que excedan mucho 1 nudo (0,5 m/s) en dirección normal a la posición del cerco. En la mayoría de los cercos la eficacia práctica está limitada a una velocidad máxima del agua de 0,7 nudos (0,35 m/s) independientemente de la profundidad del faldón.

Hay que tener en cuenta la influencia del viento y las olas en el incremento de la velocidad del agua. El límite práctico real puede establecerse en corrientes de 0,7 nudos y altura máxima de las olas de 1 m.

El tamaño y longitud de cada elemento o sección de una barrera dependerá del estado de la Mar en el momento de la utilización. Debe elegirse el mínimo de altura de la borda que evite que el hidrocarburo se desborde y una profundidad del faldón que evite que el hidrocarburo sobrepase la parte sumergida.

Los cercos divididos en secciones o elementos pequeños son más fáciles de manejar y pueden garantizar la restauración de la integridad si fallase alguna de sección; esta ventaja se ve contrarrestada por la dificultad de tener que ensamblar un gran número de elementos o secciones. Sin embargo, las uniones interrumpen el perfil y continuidad de la barrera por lo que, en la medida de lo posible, deberá evitarse que coincidan con la zona donde se presenta la mayor parte de la concentración de hidrocarburo retenido. El diseño de los conectores deberá permitir un montaje fácil durante el despliegue con el cerco en el agua.

Otras características importantes son la solidez, facilidad y velocidad de conexión, fiabilidad, peso y coste. Es muy importante la facilidad del despliegue y la fiabilidad, sobre todo cuando se emplean en situaciones cambiantes y que pueden afectar a las características del modelo de cerco elegido para la operación que se va a efectuar.

Este proceso puede llevarse a cabo no solo con este tipo de aguas contaminadas por vertidos de hidrocarburos, sino que también se pueden llevar a cabo a partir del lodo depurado de las aguas negras y grises de abordó (Orvis Gómez, 2012).

Para finalizar este apartado habría que añadir la valorización posterior de los residuos ya vertidos en el mar, tras su contención y absorción esta mezcla de agua e hidrocarburos se le puede dar una segunda vida y ser aprovechado energéticamente en un futuro gracias a la licuefacción hidrotérmica, proceso que mezcla altas temperaturas y presiones para recrear las condiciones geológicas que realiza durante millones de años nuestro planeta para producir petróleo, pero con este nuevo método se llevaría a cabo en minutos, logrando un material resultante muy parecido al petróleo crudo, mezclado con agua y oxígeno; por lo que puede ser refinado con las mismas técnicas que el petróleo real.”

Posteriormente hablaré más en profundidad de este proceso, cuando trate la valorización de residuos a bordo en el apartado 2.

1.3 Análisis de los tipos de residuos generados en contaminación marina accidental:

1.3.1 Tipos de vertidos con los datos de vigilancia aérea.

Los tipos de vertidos vienen determinados a su vez por la clase de buque que se trate. Para determinar el tipo de vertido más frecuente en nuestras costas deberemos tener en cuenta la definición de PBI (posible buque infractor) (Martín Alonso, 2015) sobre la población de referencia, que es el total de buques que pasan por dicha zona controlada por Salvamento Marítimo. Este es el tipo de buque que según sus características tiene más posibilidad de producir un vertido en el mar, por lo cual es el que deberemos seguir más de cerca y será el que según su volumen de tráfico y tipo de buque determine en el futuro el tipo de vertido más frecuente en nuestras costas.

PBI posee un perfil determinado por el tipo de buque que sea y la bandera que posea, siendo el más frecuente para los PBI (Martín Alonso, 2015): **buque de pasaje** (desmintiendo la idea preconcebida del buque petrolero), **en el Mar Mediterráneo** (desmintiendo que fuese la zona más peligrosa de la costa española Finisterre) **y banderas de registro abierto y/o de conveniencia (RODME y RM) ;(Lista Negra).** **Perfil Ancho: buque de pasaje, quimiquero y Ro-Ro.**

A continuación, mediante gráficos y tablas realizados a partir de los datos obtenidos por Martín Alonso (Martín Alonso, 2015) sobre el tráfico marítimo español entre los años 2008-2012, podremos determinar cuál es el tipo de buque que más afluencia tiene en nuestros mares y cuál de estos tiene más probabilidad y peligrosidad de producir un vertido en nuestras costas (según el registro realizado por SASEMAR de buques y vertidos efectivos producidos por buques en nuestras costas).

TRÁFICO TOTAL ANUAL DE TODO TIPO DE BUQUES

AÑO	TRÁFICO TOTAL
2008	191.356
2009	185.220
2010	194.279
2011	159.198
2012	153.500

Tabla 1: valores del tráfico anual de todo tipo de buques (Martín Alonso, 2015).

TRÁFICO	2008	2009	2010	2011	2012
CONTENEDOR	33.208	31.518	32.160	27.700	26.391
PETROLERO	24.088	25.110	25.971	22.651	23.200
BULKCARRIER	23.578	18.749	20.296	17.272	17.236
PASAJE	38.019	38.328	43.624	30.799	28.172
CARGA GENERAL	38.974	39.483	40.747	35.086	33.877
QUIMIQUERO	11.514	12.379	12.259	10.313	9.852
RO/RO	5.341	5.064	5.146	3.228	3.316
FRIGORÍFICO	4.404	4.348	3.987	3.029	2.192
OTROS	12.230	10.241	10.089	9.120	9.264

Tabla 2: valores del tráfico anual según el tipo de buque (Martín Alonso, 2015).



Gráfica 1: Porcentaje del tráfico medio de buques entre los años 2008-2012.

TRÁFICO TOTAL ANUAL DE POSIBLES BUQUES INFRACTORES

AÑO	N.º PBI
2008	53
2009	182
2010	120
2011	82
2012	54

Tabla 3: valores del tráfico total anual de posibles buques infractores (Martín Alonso, 2015).

PBI	2008	2009	2010	2011	2012
CONTENEDOR	3	29	10	1	5
PETROLERO	4	10	4	7	2
BULKCARRIER	5	19	19	5	5
PASAJE	11	32	28	13	16
CARGA GENERAL	7	24	17	25	4
QUIMIQUERO	12	32	27	24	16
RO/RO	2	14	11	5	3
FRIGORÍFICO	3	8	3	1	1
OTROS	6	14	1	1	2

Tabla 4: valores del tráfico anual de P.B.I. según tipo de buque (Martín Alonso, 2015).



Gráfica 2: Porcentaje del tráfico medio de PIB entre los años 2008-2012

Tras los estudios estadísticos realizados por Martin Alonso, plasmados en las tablas y gráficos anteriores, mediante los datos obtenidos mediante el estudio y vigilancia de Salvamento Marítimo entre los años 2008-2012, se puede apreciar que el buque de pasaje junto con el buque de carga general son el tipo de buques de mayor afluencia de tráfico total anual en las costas de nuestro país, en comparación al resto del tráfico marítimo.

A su vez se suma que el buque de pasaje soporta la mayor concentración de tráfico total anual de PBI (posible buque infractor).

Por lo que mediante este estudio descartamos ciertas ideas preconcebidas entre la sociedad tales como:

- La zona más afectada en las costas españolas por derrames de hidrocarburos, no es Finisterra como popularmente se cree, sino que es el Mar Mediterráneo.

- El buque más contaminante en las costas españolas es el buque petrolero, siendo errónea esta afirmación, ya que el buque de pasaje es el que presenta una mayor concentración de PBI.

Pudiendo dividirse este tipo de buques en tres subclases:

- Transbordadores: siendo buques que realizan travesías cortas tanto nocturnas como diurnas, transportando pasajeros y vehículos.

- Transatlánticos: estos realizan rutas de mayor distancia transportando pasajeros y carga normalmente.

- Buques de crucero: barcos que transportan pasajeros en viajes normalmente de ida y vuelta, en los que el viaje en sí, el buque y los lugares de interés visitados por el mismo son los reclamos principales de la travesía.

Todos estos datos y estudios apuntan de manera directa a los buques de pasaje como principales contaminantes en las aguas españolas, más en concreto las costas del Mar Mediterráneo, debido a su clima, situación, paisaje, historia y cultura; factores que fomentan el turismo, y por tanto de manera más específica, el aumento de tráfico marítimo en estas aguas.

Y concretando más, debido a ese elevado turismo, la contaminación de las aguas del mediterráneo por los buques de crucero, anteriormente descritos, pertenecientes al grupo de buques de pasaje.

Siendo a su vez el Mar Mediterráneo aún más vulnerables a un posible vertido contaminante, ya que es un mar semicerrado por donde transita el 28% del transporte mundial de hidrocarburos.

Los expertos calculan en 80.000 toneladas de hidrocarburos por año los vertidos de los buques en el Mediterráneo, siendo la gran mayoría provenientes de buques de pasaje (<https://www.nacion.com/tecnologia/el-mediterraneo-un-mar-vulnerable-amenazado-por-la-contaminacion/WXSW6W4CNJGKVKBS66JVXWLHOY/story/>).

Y finalmente también hay que sumarle el impacto de la actividad humana en tierra, no solo en el ámbito industrial y agrícola, sino que también la presión inmobiliaria, con casi la mitad de su litoral urbanizado. Esto da lugar a un elevado impacto ambiental con graves consecuencias en la regulación de los ecosistemas mediterráneos: los vertidos de metales pesados o petróleo se combinan con la presencia de una enorme cantidad de residuos plásticos en el mar. La sobrepesca es otro de los factores que afecta drásticamente a toda el área mediterránea y que también ha contribuido a poner a varias especies al borde de la desaparición.

Como apunta Chritian Buchet, director del centro de estudios del mar del Instituto Católico de París y miembro de la Academia de Marina:

"Los mares están a punto de vivir una ruptura de equilibrio"

"El Mediterráneo es todavía más frágil teniendo en cuenta que la contaminación tiene un efecto mayor sobre la fauna y la flora marina a causa del cambio climático", añade. (<https://www.nacion.com/tecnologia/el-mediterraneo-un-mar-vulnerable-amenazado-por-la-contaminacion/WXSW6W4CNJGKVKBS66JVXWLHOY/story/>)

Dejando atrás esta pequeña introducción, me centrare en específico en los buques de crucero, en los residuos generados a bordo de estos y como poder gestionarlos y valorizarlos a bordo, para así evitar el deterioro de los mares y la fauna y flora que en ellos viven.

1.4. “Ciudades flotantes”.

Debido a la gran demanda en el ámbito turístico, los buques de pasaje cada vez son de mayores proporciones para poder albergar a más pasajeros, por lo que la idea principal a tener en cuenta sería el considerar a los buques de crucero como “ciudades flotantes”, que generan inmensas cantidades de residuos y desperdicios a bordo durante la travesía, lo que se traduce en que exista una mayor probabilidad de que se produzcan vertidos tanto accidentales como intencionados al medio marino si estos no son gestionados, almacenados y valorizados adecuadamente a bordo; y que si efectivamente se produce dicho vertido, produciría una contaminación marítima de grandes dimensiones si no es controlado a tiempo.

Si consideramos a este tipo de buques ciudades flotantes, ¿por qué estos no han de tener una planta de gestión y valorización de residuos a bordo como así ocurre con las ciudades convencionales (en tierra)?

De esta manera, reduciríamos los vertidos intencionados, ya que estos son producidos al tratar de deshacerse de cierto tipo de residuos que ocupan mucho espacio a bordo, son perjudiciales, dañinos, peligrosos sin valorizar, y no tienen ninguna utilidad a bordo, aparte de producir un gran coste al tener que mantenerlos a bordo y luego descargarlos en las plantas de gestión de residuos a bordo (ya que evidentemente se seguirán descargando cierta cantidad de residuos inservibles tras la valorización, pero estos serán en menor cantidad que si no los hubiéramos tratado anteriormente).

Estableciendo unos métodos de valorización a bordo, conseguiríamos darles una segunda vida útil a los residuos para el beneficio del propio buque, haciendo de este, un buque con mayor eficiencia, rendimiento y autosuficiencia.

Así, la carga de estos residuos a bordo sería menos peligrosa, ya que, en el caso de un vertido accidental, este sería de menores dimensiones (como la reciente tragedia del crucero Costa Concordia ocurrida en Italia).

Y a su vez estableciendo una metodología y estándares de valorización dentro del plan de gestión de residuos a bordo, evitaríamos una mala práctica a la hora de gestionarlos, por lo que, en consiguiente, disminuiríamos el número de derrames accidentales producidos en su mayoría por una mala ejecución y mala práctica a la hora de dicha gestión de residuos.

El concepto de ciudades flotantes lo obtuve gracias a este artículo de César-Javier Palacios:

En la lista de las diez cosas que debemos hacer antes de morir ocupa los primeros puestos el disfrutar de un crucero de lujo. El turismo de cruceros crece imparable en España a pesar de la crisis. O quizá por ello, pues muchos lo ven como la última oportunidad de sus vidas para poder regalarse unas vacaciones así. Aunque el efecto es global, pues 19 millones de pasajeros eligen cada año este medio para viajar por los mares de todo el mundo. Cada vez más baratos. Cada vez más accesibles. Cada vez más glamurosos.

Son gigantescas ciudades flotantes, pero ciudades sucias. Bajo esos oropeles del todo incluido se esconden toneladas de basura arrojadas impunemente al mar todos los días. Hay piscinas, saunas, campos de golf, centros comerciales, teatros, cines, ... pero ¿ha visto alguien las depuradoras?

Según datos de Oceana, organización internacional dedicada a la conservación del medio marino, un crucero de gran tamaño (2.000-3.000 pasajeros) puede llegar a generar unas 1.000 toneladas diarias de residuos, que incluyen de 500.000 a 800.000 litros de aguas grises, unos 100.000 litros de aguas negras, de 13.000 a 26.000 litros de aguas oleosas procedentes de las sentinas, entre 7.000 y 10.500 kilos de basura y residuos sólidos, y de 60 a 130 kilos de sustancias tóxicas (restos de pinturas, pilas, material médico o agentes de limpieza en seco usados en tintorería). Es decir, cada pasajero genera al día más de 350 litros de desechos, de basura.

Añádase a este impacto el gigantesco consumo de combustible de un crucero, que puede llegar a ser equivalente al de unos 12.000 vehículos. Y que para colmo de males no es gasoil, pues el tipo de combustible utilizado resulta 50 veces más tóxico que el habitual. A los humos de los motores debe sumarse el procedente de la incineración de las basuras (plásticos y papeles), práctica bastante común en este tipo de barcos según Oceana.

Y llévense estos barcos a lugares tan frágiles como los mares de coral o el Ártico, donde hasta el hecho de soltar el ancla en los fondos marinos altera gravemente los ecosistemas.

Queda clara la suciedad de estas ciudades flotantes donde la basura se oculta debajo de la alfombra. Sin embargo, la culpa no la tienen las navieras. La culpa es de una legislación que permite la impunidad en aguas internacionales. Mientras que cualquier municipio costero está sometido a numerosas normas que tratan de evitar la contaminación del litoral, los cruceros pueden verter todo tipo de restos orgánicos y aguas sin tratar cuando se encuentran a más de cuatro millas de la costa.

Tan terrible impacto se podría arreglar muy fácilmente. En el momento en que los consumidores exijamos un riguroso compromiso medioambiental a estos buques, en el momento en que elijamos a los más respetuosos con el medio y rechazemos de plano a los contaminadores, los cruceros serán ejemplo de sostenibilidad ecológica. Pero mientras prefiramos el daiquiri a la depuradora nuestras vacaciones seguirán envenenando los océanos.

Actualización 21 de agosto 2012: Estoy contento de la gran repercusión que ha tenido este artículo. Son muchas, muchísimas las personas que a partir de ahora se preguntarán por el impacto ambiental de los cruceros, exigirán medidas correctoras y elegirán los menos contaminantes, los más respetuosos con los mares y la atmósfera. Muchas han sido las críticas que he recibido, a favor y en contra, y las agradezco todas. Las más duras hacen referencia a que el estudio de Oceana es de hace 4 años y que en este tiempo las cosas han mejorado. He contactado con Xavier Pastor, director ejecutivo de Oceana Europa, quien sin embargo me ha desmentido que tales mejoras sean apreciables y generalizables. En su opinión, el estudio de entonces sigue siendo válido hoy en día.

Es verdad que no todas las compañías navieras son iguales. Una de ellas, que se ha puesto en contacto conmigo, me ha explicado su proyecto Life+ Cruceros Sostenibles, desarrollado junto con el Centro de Investigación Académica para el Desarrollo Sostenible de Producto (Ce.Si.S.P), varias empresas italianas, el Registro Marítimo Italiano (RINA) y la Asociación de Puertos de Cruceros del Mediterráneo.

El objetivo es proporcionar un estímulo para la aplicación de una directriz de la Unión Europea sobre los residuos a bordo de buques y para crear incentivos para la reducción, recogida, reciclaje y reutilización de residuos.

Es un primer paso importante para lograr que, cuando los cruceros atraquen en los puertos, puedan trasvasar todos sus residuos líquidos a las depuradoras urbanas, algo que aún no se hace pues las leyes internacionales de MARPOL no obligan a ello. Y para llevar a las plantas de tratamiento el resto de la basura en lugar de incinerarlo. (<https://blogs.20minutos.es/cronicaverde/2012/08/21/esas-sucias-ciudades-flotantes-que-llamamos-cruceros-de-lujo/>)

1.5. Importancia de la prevención en la jerarquía de gestión de residuos actual.

Para concluir este apartado, me gustaría recalcar la idea del orden de prioridades o jerarquía a la hora de la gestión de residuos actualmente, siendo preferente hoy en día, la eliminación de dichos residuos, cuando en realidad debería ser preferente su prevención. Ya que como he visto en otros proyectos y trabajos, se desarrollan métodos para cuando el desastre ya ha ocurrido.

Por ejemplo cuando hay un derrame de hidrocarburos al mar, muchos autores se centran en como valorizarlos y medidas de contención como hable anteriormente, pero con mi trabajo la idea que quiero destacar es el retroceder y adelantarnos al derrame, centrandonos en la idea de la prevención.

Las principales causas de producción de residuos en buques (en cruceros más concretamente), son la vida a bordo de la tripulación y pasajeros (cocina, baños...), junto con los residuos procedentes de procesos referentes a la puesta en marcha y funcionamiento del buque (sala de máquinas: aceites usados, aguas sucias procedentes de lavanzas...).

Estos residuos son una carga a bordo y que como dije anteriormente solo se priorizan actualmente los métodos de almacenaje y posterior eliminación, descargando en puerto, como muestran los planes de recepción y manipulación de desechos de buques; siendo estos residuos a bordo una carga potencialmente peligrosa y susceptible de producir derrames o descargas al mar que desemboquen en una gran catástrofe de contaminación marina, si no se le da al menos un tratamiento previo.

Dicho tratamiento previo es la idea principal de mi trabajo, que en lugar de aplicarse una vez haya pasado, se lleve a cabo antes, para que, en el caso de que efectivamente una mala gestión, mala practica o acciones intencionadas se hayan producido, estas desemboquen en un derrame al mar más leve de dichos residuos.

La implementacion a bordo de estos tratamientos tales como la preparación para ser reutilizado, el reciclaje o la valorización de residuos son parte de los mecanismos para la prevención, y deben ser combinados con la introducción de nuevos métodos y materiales que remplacen los más contaminantes y dañinos o también con medidas informativas propias de la prevención: la concienciación no solo de la tripulacion, para evitar una mala práctica y metodología para la adecuada gestión de residuos, sino también de los pasajeros mediante reglas y prohibición de malos hábitos que desemboquen en un daño ecológico por un uso excesivo de medios o contaminación marina intencionada.

No hay que confundir los conceptos de valorización, reutilización y reciclaje; todas ellas tienen como objetivo reducir al máximo el impacto ambiental de los residuos, aprovechandolos y dando una segunda vida útil a estos.

La reutilización aprovecha el residuo para las mismas aplicaciones y prestaciones que daba anteriormente mediante una serie de tratamientos, y tiene mucho que ver con la prevención en la producción de residuos, centrandose principalmente en la reutilización de envases.

Mientras que el reciclado y valorización, que es en lo que más me he centrado, consite en obtener una materia prima o producto nuevo a través de procesos mecánicos o químicos (tratamiento parcial o total del residuo). Siendo un caso más específico la valorización energética, que aprovecha el contenido energético de los residuos y subproductos de procedimientos industriales, o en nuestro caso en el buque.

Por lo que para concluir este inciso terminaré con esta idea:

-La prevención es la mejor opción de gestión seguida y en este orden, de la preparación para la reutilización, del reciclado, de otras formas de valorización (incluida la energética) y por último de la eliminación (el depósito de residuos en puerto).

El objetivo de la aplicación de la jerarquía de residuos es desplazar la mayor parte de las actuaciones de gestión de los residuos hacia los escalones superiores de la jerarquía, tal y como puede verse en el gráfico siguiente, siendo la prevención de los residuos la primera prioridad en la medida en que es la opción ambiental (y económicamente) más sostenible.

<https://www.recytrans.com/blog/jerarquia-de-residuos/>



Gráfica 3: Jerarquía Europea en la gestión de residuos

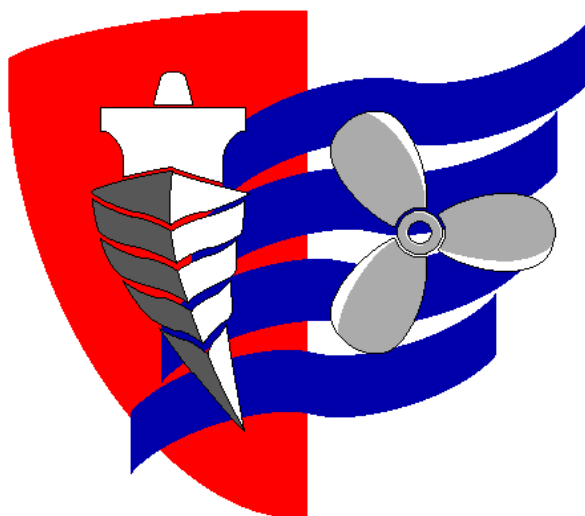
Fuente: <http://www.aeded.org/comunicacion/noticias/la-jerarquia-gestion-residuos>

Todo ello con el objetivo de romper el vínculo entre el crecimiento económico e incremento en la generación de residuos para reducir los impactos ambientales asociados a la generación de residuos.

<https://www.recytrans.com/blog/jerarquia-de-residuos/>

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



METODOLOGÍA

2. METODOLOGÍA:

Mi proyecto de fin de carrera ha consistido en un trabajo teórico experimental sobre la valorización de residuos a bordo en los cruceros en aguas españolas.

Mi metodología ha consistido en estudiar y tomar trabajos y proyectos de fin de carrera como el mío sobre la gestión actual de residuos a bordo; datos estadísticos sobre los tipos de vertidos de nuestras costas tipos de buque más problemáticos (procedentes de la tesis doctoral de Juana María); para posteriormente implementar o sustituir los métodos actuales por posibles propuestas futuras que se están intentando desarrollar en procesos de industrias en tierra, llevándolos al ámbito marítimo, y de los que he obtenido información a partir de páginas web, libros, revistas científicas, artículos científicos recientes bastante novedosos del acceso remoto de la biblioteca de la universidad, como por ejemplo, los relativos a la licuefacción hidrotérmica (Qian et al., 2017) y turbo secadora (Perazzini et al., 2016) de residuos sólidos y noticias científicas de actualidad tales como el desarrollo de botellas de agua con algas propuesto por el estudiante de diseño islandés Ari Jónsson.

Utilizando finalmente un total de más de 30 referencias.

Me empecé a interesar por este tema en concreto durante mi estancia Erasmus en Riga, en la que cursé una asignatura que trataba sobre la legislación medioambiental en el ámbito marítimo, más en concreto trabajando y aprendiendo con el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL), clase en la cual, un día tratamos sobre las energías renovables y procesos que se estaban intentando implementar en los buques para en un futuro cercano desarrollar el proyecto de eco-buques. Al conocer estas ideas y apariencia de los posibles buques del futuro, me empezó a llamar la atención, tanto, que me puse a investigar como estaba avanzando este proyecto innovador actualmente y más en concreto en España.

Por lo que, tras finalizar mi experiencia en Riga y comenzar mi último año de carrera, me planteé enfocar mi proyecto de fin de grado en este tema, ya que, trabajaría en un proyecto a mi parecer muy interesante y a su vez podría plasmar los conocimientos obtenidos durante estos años en la universidad.

Como por ejemplo los relativos a legislación marítima nacional e internacional gracias a las asignaturas de seguridad marítima, protección de buques y de instalaciones portuarias y la asignatura de legislación marítima; también la asignatura de química me ha ayudado a comprender más fácilmente procesos como la licuefacción hidrotérmica y a clasificar los residuos a bordo según su composición química y para concluir una asignatura imprescindible y muy importante que es el inglés, que me a permitido poder consultar y comprender artículos científicos en dicha lengua.

Hablé con Alberto Coz Fernández, profesor de la asignatura de química la E.T.S. de Náutica, ya que se encargaba de la linea relacionada con la contaminación marina, y me ayudó a decantarme definitivamente por la idea del proyecto de un eco-buque. Tras comentarme el concepto que él domina y desarrolla en su campo, que es la valorización de residuos, me abrió totalmente los ojos para saber en que centrarme, ya que en las posibles ideas para desarrollar buques sostenibles que consulté, en su gran mayoría se centranban únicamente en la implementación a bordo de energías más respetuosas, como son las renovables, pero en cambio no consideraban la gestión de residuos como una opción a implementar también a este proyecto de buque ecológico. Un gran error ya que no solo sería más respetuoso con el medio ambiente, sino que también sería beneficioso economicamente, ya que sería más autosuficiente mediante la valorización energética, siendo otra opción de energía respetuosa para el medio ambiente.

Por consiguiente, me puse manos a la obra a investigar más en concreto sobre medidas de valorización de residuos que se pudieran llevar a la práctica en los buques.

Mediante esta información, procedente de otros campos, y asociando e intercalando ideas sobre procesos de gestión de residuos ya existentes e innovadores que se estan desarrollando y mejorando actualmente, he llegado a alcanzar posibles soluciones para prevenir problemas de contaminación que se estan dando en el ámbito maritimo y así intentar avanzar con el proyecto de un crucero ecológico.

El primer paso fue documentarme sobre casos de contaminación en nuestras costas, como se paliaron y como se podían haber evitado mediante metodos de prevención.

Posteriormente mediante datos de la tesis doctoral de Juana María procedentes de Salvamento Marítimo, me informe sobre las zonas más conflictivas en las costas españolas y cual el tipo de buque que da más problemas medioambientales, los que son potencialmente más peligrosos y los que hay que tener más controlados.

Lo siguiente fue informarme sobre el estado de los sistemas de gestión actual de los residuos en los cruceros españoles, posteriormente me planteé medidas alternativas a las actuales consultando procesos innovadores y ecológicos que se estaban desarrollando en tierra con residuos similares a los que nos encontramos a bordo, y para concluir intenté unir ambos conceptos e ideas en una sola, siendo esta el proyecto de crucero sostenible, pero sin entrar en especificaciones ni profundizando, únicamente de manera genérica proponer procesos alternativos a los actuales para que posteriormente, si son factibles, se hagan estudios más detallados, se experimente y adapte a los requerimientos más concretos de cada tipo de crucero.

Para finalizar este apartado añadiré a continuación un diagrama de bloques que permite ver con más facilidad lo expuesto anteriormente sobre la metodología paso a paso que he empleado para realizar este trabajo:

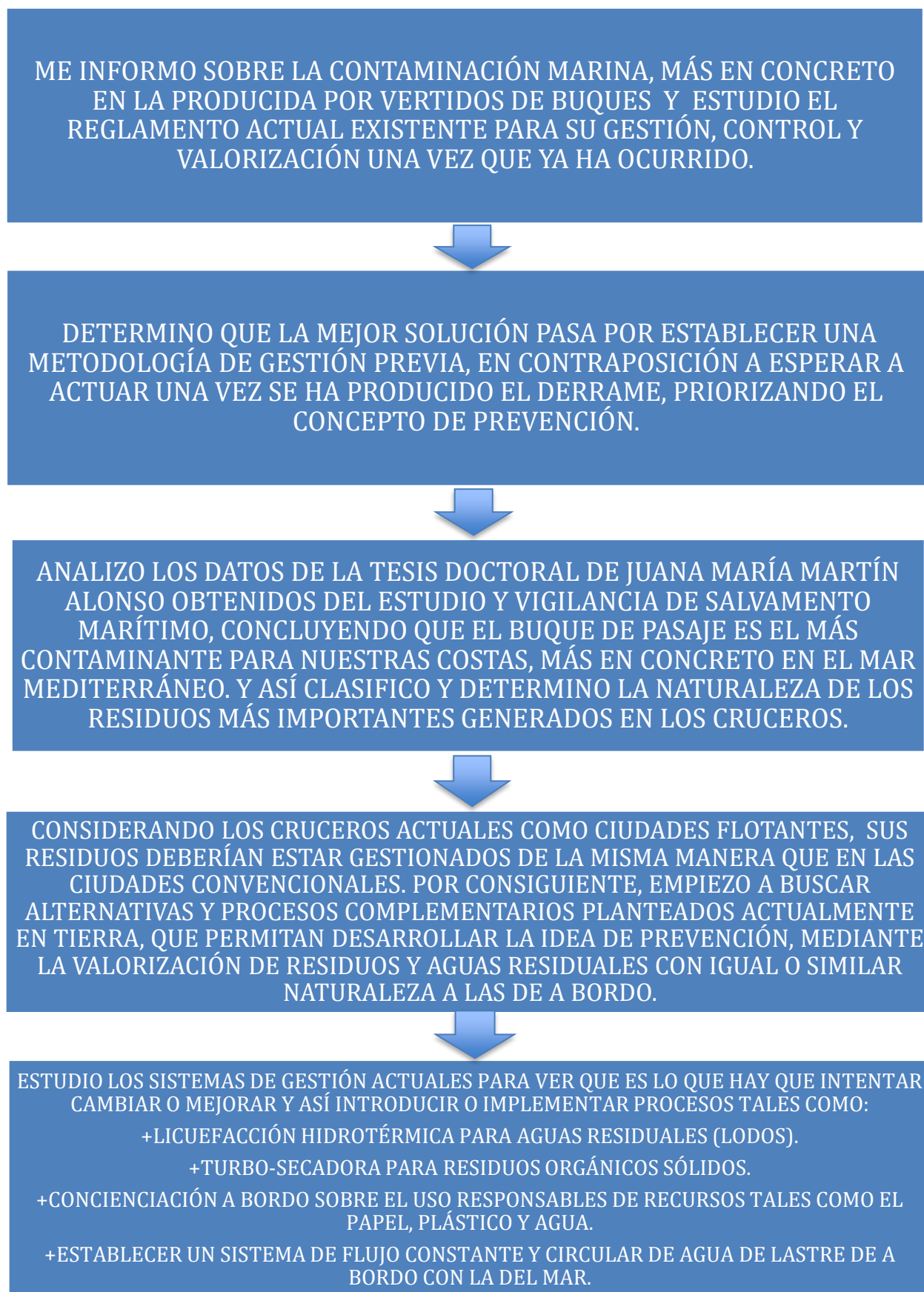
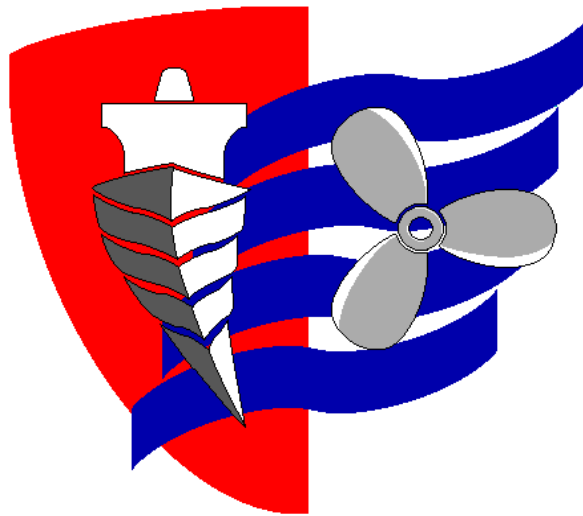


Figura 3: Diagrama de bloques sobre la metodología empleada para este trabajo

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



DESARROLLO

3. DESARROLLO DEL TEMA PRICIPAL DEL T.F.G.

3.1 Estudio de alternativas de valorización de los residuos producidos a bordo de un crucero.

Lo primero, antes de poder gestionar o valorizar un residuo de a bordo, es su clasificación en función del tipo que sea este, siendo más específico, los residuos más frecuentes que se generan a bordo de los buques de pasaje son los siguientes:

- AGUAS DE SENTINAS
- LODOS
- ACEITES USADOS
- RESIDUOS DE CARGA DE HIDROCARBUROS, AGUAS DE LASTRE CONTAMINADAS Y LAVAZAS.
- RESIDUOS DE CARGA DE SUSTANCIAS NOCIVAS
- AGUAS SUCIAS, ASEOS, COCINAS Y LAVADEROS.
- AGUAS SUCIAS PROCEDENTES DE SERVICIOS MÉDICOS.
- AGUAS SUCIAS PROCEDENTES DE ANIMALES VIVOS
- DESECHOS DE ALIMENTOS.
- DESECHOS DOMÉSTICOS.
- DESECHOS OPERACIONALES
- PLÁSTICOS
- RESIDUOS DE CARGA
- ACEITES DE COCINA
- CADÁVERES DE ANIMALES
- ARTES DE PESCA
- CENIZAS DE INCINERACIÓN
- SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO
- RESIDUOS DE LIMPIEZA DE LOS GASES DE ESCAPE

Que se pueden clasificar de una manera más amplia y genérica según los anexos del Convenio **MARPOL**, atendiendo a los tipos de desechos generados por buques o residuos de carga que reciban, siendo muy importante la caracterización fisicoquímica (sobre todo química) e incluso biológica de los residuos, para decidir la forma de gestión posterior.

Yo para mi trabajo haré la misma distinción y clasificación de residuos que las instalaciones portuarias receptoras como muestra el Convenio MARPOL, separándolos en las siguientes categorías:

Marpol anexo I: Las que reciben desechos generados por buques o residuos de carga oleosos de los buques de los incluidos en el anexo I del Convenio Marpol 73/78. Esta clase se subdivide, a su vez, en tres subclases:

1. Tipo A: Las que reciben desechos generados por buques o residuos de carga de petróleo crudo y agua de lastre contaminada con petróleo crudo.

2. Tipo B: Las que reciben desechos generados por buques o residuos de carga de hidrocarburos y agua de lastre contaminada con productos petrolíferos distintos del petróleo crudo y cuya densidad es menor o igual a 1.

3. Tipo C: Las que reciben desechos generados por buques procedentes de las sentinas de la cámara de máquinas o de los equipos de depuración de combustible y aceites de los motores de los buques.

Marpol anexo II: Las que reciben residuos de carga de sustancias nocivas líquidas de los buques, incluidas en el anexo II del Convenio Marpol 73/78.

Marpol anexo IV: Las que reciben aguas sucias de los buques, incluidas en el anexo IV del Convenio Marpol 73/78.

Marpol anexo V: Las que reciben basuras sólidas de los buques, incluidas en el anexo V del Convenio Marpol 73/78.

Otros desechos y residuos: Abarca los desechos o residuos no incluidos en las anteriores categorías y de los que el buque tenga necesidad de desprenderse.

Se incluyen en este apartado materias tales como baterías eléctricas desechadas, restos de material procedente de obras de mantenimiento realizadas a bordo (forros de aislamiento térmico, restos de revestimientos de pintura), etc

(<https://www.imo.org>)

Una vez ya tenemos clasificados los distintos residuos generados a bordo, debemos considerar las cantidades generadas a bordo de cada tipo de residuo, dependiendo estas cantidades del tipo de crucero y capacidad de este.

Posteriormente deberemos exponer las medidas y medios de valorización que se pueden llevar a cabo con cada residuo.

Enunciaré los métodos de gestión ya existentes y a continuación plantearé mediadas alternativas a estas, más respetuosas con el medio ambiente y eficientes; medidas complementarias a las que ya existan, por ejemplo, gestionando y valorizando los residuos tras los métodos de depuración ya existentes previos; o en el caso de que no exista ningún medio de gestión para un determinado residuo, establecer uno.

Para exponer los sistemas de gestión de residuos a bordo actuales, me he basado en dos trabajos de fin de grado como el mío, pertenecientes uno de ellos a un alumno de mi escuela llamado **Iván Santiago Díaz, cuyo proyecto consiste en el tratamiento y vertido de aguas residuales en zonas especiales y la gestión de lodos generados en dicho proceso.**

Centrándome más en concreto en su proyecto, en la parte del planteamiento del problema y dentro de la metodología, en el apartado de tecnologías de tratamiento de aguas residuales usadas en los buques, estructurándolo de la misma manera y con sus mismas ideas sin modificarlas, para así, tomarlo como ejemplo descriptivo de la situación actual de la gestión de residuos a bordo y posteriormente poder desarrollar la idea principal de mi trabajo que sería implementar y mejorar dichos procesos o estableciendo alternativas más adecuadas a las ya existentes.

El segundo trabajo en el que me he basado para tratar la gestión de residuos sólidos a bordo ha sido el de una estudiante de la facultad de náutica de Barcelona llamada **Anna Martínez Vidal, que consiste en el plan de gestión de basuras (residuos sólidos) desde el buque hasta la planta de recepción.**

En este caso he tomado las ideas y he estructurado tal y como viene en su trabajo los apartados de gestión y tratamiento de basuras en buques y también parte de la introducción, tomándolo también como ejemplo para analizar los procesos actuales que se llevan a cabo para la gestión de residuos sólidos e implementar, como con los otros casos, medidas que permitan una mejor valorización, o en algunos casos, reutilización y reciclaje de los residuos a bordo.

3.1.1. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (BASURAS SÓLIDAS), MARPOL ANEXO V:

Por basuras se entiende toda clase de restos de víveres salvo el pescado fresco y cualesquiera porciones del mismo, así como los residuos resultantes de las faenas domésticas y trabajo rutinario del buque en condiciones normales de servicio, los cuales suelen echarse continua o periódicamente; este término no incluye las sustancias definidas o enumeradas en otros anexos del presente Convenio.

El Plan de gestión de basuras tiene por objeto ofrecer orientación al capitán y a la tripulación del buque que participe en el sistema de gestión de las basuras a bordo. Contiene información e instrucciones operativas, tanto para el Personal fijo del buque como el eventual, a fin de que se familiaricen con las instalaciones de a bordo e incluye los procedimientos para recogida, clasificación, almacenamiento, tratamiento y evacuación de los residuos sólidos que el Anexo V del Convenio incluye bajo la denominación de basuras (Martínez Vidal, 2011).

3.1.1.1. Recogida de basuras:

La recogida consiste en recoger los residuos a bordo, separándolos según su composición. La recogida selectiva en el origen es un parámetro importante, que nos ayudara a ganar tiempo y a realizar un tratamiento más eficaz.

Por lo tanto, separaremos:

- Plásticos y basura que contenga plásticos o similares
- Los desechos de los alimentos, el vertido a la mar está permitido siempre y cuando sigan las directrices de MARPOL V.
- Papel, cartón, cartulinas y sus derivados.
- Otros residuos que no puedan tirarse al mar, como: baterías, pilas, colchones, instrumentos de seguridad caducados.
- Otras basuras que puedan tirarse al mar.
- Medicamentos. deberá haber un oficial encargado del su debida separación y almacenaje, para el correcto tratamiento en tierra.

Cuando las basuras estén mezcladas con otros residuos para los que rijan distintas prescripciones de eliminación o descarga se aplicarán las prescripciones más rigurosas (Martínez Vidal, 2011).

Todas las explicaciones sobre el tratamiento de la basura tienen que estar marcada en letreros por todas las zonas de los buques, sobre todo en la cocina, comedores, lugares donde estén los sistemas de almacenaje y tratamiento. Toda la tripulación deberá saber que:

- Los plásticos o derivados de este deberán almacenarse en el buque hasta la llegada a puerto y que está prohibido su vertido a la mar.
- El papel, cristal, maderas y otros residuos también deberán separarse hasta la llegada a puerto.
- La basura orgánica deberá ser incinerada, almacenada o tirada al mar en determinados casos (siguiendo el MARPOL V), para evitar contaminación, enfermedades, y otros problemas. Dicha descarga al mar de productos orgánicos es la que hay que evitar, aunque sean casos extremos y ser totalmente desterrada como posible alternativa en el MARPOL y el proceso de incineración reemplazado por metodologías alternativas más respetuosas con el medio ambiente (Martínez Vidal, 2011).

3.1.1.2. Almacenamiento:

La basura una vez recogida y tratada, deberá almacenarse en zonas, para su traslado a las plantas de recepción de puerto.

El almacenaje consistirá en contenedores, cubos, cajas o recipientes para el almacenamiento seguro durante todo el viaje. Deberá tener una buena estiba para que no se mueva en caso de mala mar. La materia orgánica podrá tirarse al mar siguiendo la normativa (Martínez Vidal, 2011)

3.1.1.3. Tratamiento:

El tratamiento es definido como el proceso de transformación física, química y geológica de los residuos sólidos para modificar sus características o aprovechar su potencia, y en el cual se puede generar un nuevo residuo sólido de características diferentes.

Dependiendo del tipo de buque, deberá estar equipado con incineradoras, compactadoras, trituradoras u otros dispositivos. Las incineradoras según las autoridades pueden tener reglas especiales. Hay que tener en cuenta que puede producir ciertos problemas con el medioambiente y salud. Según las zonas especiales o a menos de tres millas náuticas, deberán elegir entre el compactado, triturado, incinerado o medios del que disponga el buque para desembarcarlo en las instalaciones del puerto. La compactadora facilita el almacenamiento, y traslado a plantas de recepción en el puerto y también la eliminación al mar. También se utiliza la trituradora que acelera la asimilación por parte del medio marino de la materia orgánica.

Para concluir este apartado debemos conocer la definición de evacuación o eliminación de residuos a bordo: consiste en el traslado a la planta de recepción del puerto o el vertido controlado a la mar, como establece el Anexo V del MARPOL. Aunque esté permitido tirar las basuras a la mar es conveniente la prioridad de la descarga a las instalaciones de recepción (Martínez Vidal, 2011).

3.1.1.4. Equipos para el tratamiento de las basuras:

-INCINERADORA:

Una incineradora de desechos orgánicos sólidos es un sistema de tratamiento de la basura que consiste en incinerar a altas temperaturas los desechos sólidos, con lo que se reduce su volumen un 90% y su peso hasta un 75%. De esta combustión resultan cenizas, escoria o residuos inertes y gases tóxicos que pueden afectar gravemente a la salud de las personas.

Este sistema de procesamiento de los residuos presenta una serie de ventajas frente a otras técnicas de tratamiento como son:

1. Posibilidad de recuperación de energía.
2. Posibilidad de tratamiento de numerosos tipos de residuos.
3. Es necesaria poca superficie de terreno (no ocupa mucho espacio a bordo)
4. Reduce el volumen de residuos un 90% - 96%.

También presenta una serie de inconvenientes bastante importantes como son:

1. - No elimina totalmente los residuos, por lo que se necesita un vertedero para el depósito de cenizas procedentes de la incineración.
2. - Se generan gases tóxicos (por ejemplo, las dioxinas pueden tener un efecto cancerígeno) que deben ser tratados.
3. - Necesitan un aporte de energía exterior para su funcionamiento.
4. - Baja flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales de la generación de residuos.
5. - La inversión económica y los costes del tratamiento son elevados.
6. - Posibilidad de averías, por lo que se necesita un sistema alternativo de tratamiento (Martínez Vidal, 2011).



Figura 4: incineradora de basuras para buques

Fuente:<http://www.nauticexpo.es/prod/teamtec-as/product-31696-190889.html>

El anexo VI del convenio MARPOL trata sobre la incineración atmosférica asociada a los buques. En el artículo 16, se describe la incineración a bordo del buque. Se prohíbe la incineración a bordo de residuos de las cargas enumeradas en los Anexos I, II y III del MARPOL y los correspondientes materiales de embalaje/envase contaminados, difeniles policlorados (PCB), las basuras que contengan metales pesados y productos refinados del petróleo que contengan compuestos halogenados. También se prohíbe la incineración de cloruros de polivinilo (PVC), salvo en incineradores homologados por la OMI. Por lo contrario, podrá incinerarse a bordo aguas residuales y fangos de hidrocarburos siempre que sea fuera de puertos y estuarios (Martínez Vidal, 2011) (poco aconsejable y mejor tratar dichas aguas como posteriormente describiré en el siguiente apartado relativas a aguas negras, grises y contaminadas por hidrocarburos).

-COMPACTADORA:

La compactadora es un tratamiento que compacta la basura aplastándola. Facilita el almacenamiento, traslado de los residuos sólidos compactados, se puede eliminar vertiéndose a la mar, ya que facilita la descomposición.

Casi todos los residuos se pueden compactar excepto los plásticos u objetos demasiado grandes o duros.

Las ventajas de instalar una compactadora son:

- Ahorro de espacios de almacenamiento de residuos
- Reduce la contaminación, ya que ahorra espacio de almacenamiento.
- No contamina tanto como otros equipos.
- Instalación y mantenimiento, fácil y rápido (Orviz Gómez, 2012).



Figura 5: compactadora de basuras para buques,

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/fabricante-barco/compactador-basura-buque-44986.html>

-TRITURADORA:

Un triturador de basuras es un electrodoméstico que desmenuza la basura para facilitar su eliminación. Es un proceso recomendable previo a la compactación a bordo. Este aparato no se puede situar en la fregadera como sucede con su uso doméstico, porque tritura la basura mediante un motor eléctrico y la evacua por desagüe ayudándose del agua corriente.”

Resultaría más cómodo porque no hace falta tirar la basura, pero tiene muchos inconvenientes, ya que contaminaríamos con restos orgánicos el sistema de agua corriente, teniendo que añadir otro tipo de aguas sucias distintas a las contaminadas por desechos humanos orgánicos y las contaminadas por hidrocarburos.

Aunque en el caso de que se implantase a bordo el sistema se podría variar para que el triturado vaya hasta un digestor de biogás y utilizar su gas y el bio como fertilizante. Pero es una opción poco adecuada en mi opinión teniendo una alternativa tan apropiada para el caso de este tipo de residuos sólidos orgánicos, siendo este el turbo secador.



Figura 6: trituradora de un buque

Fuente: <http://www.nauticexpo.es/fabricante-barco/trituradora-residuos-buque-45398.html>

3.1.2. ALTERNATIVAS Y MEJORAS PARA ESTOS EQUIPOS DE TRATAMIENTOS DE BASURAS: TURBO-SECADOR.

Una medida complementaria sería la utilización a bordo de un **turbo-secador** para el tratamiento de los residuos de comida biodegradables, pudiendo ser una medida alternativa, por lo que supondría la eliminación del proceso de combustión y así la eliminación de los gases tóxicos emitidos a la atmosfera, pero a su vez una pérdida de la energía intrínseca en la materia orgánica sin tratar, por lo que también se puede considerar metodologías complementarias una con la otra; ya que tras el secado de los residuos sólidos y tras haber reducido en gran manera su volumen se puede complementar dicha acción con el incinerado de dichos residuos secos para la obtención de energía.

Pero bajo mi punto de vista, la opción más recomendable sería evitar la incineración a bordo de los residuos, ya que aporta más inconvenientes que beneficios al propio buque y dichos residuos sólidos se les puede dar una segunda vida como fertilizantes en lugar de quemarlos con el fin de obtener energía.

Previo al secado para facilitar el proceso de secado y el volumen de residuos se pueden triturar dichos residuos y compactar, pero es una alternativa ya que dichos residuos sólidos se pueden introducir en la secadora sin realizarles ningún proceso previo o solo habiéndolos triturado sin tener que compactarlos.

Por lo que, mediante esta metodología de secado de residuos sólidos, obtendríamos bioresiduos que pueden ser reciclados y comercializados como material crudo para la alimentación de animales y como fertilizante.

A su vez, las pruebas de laboratorio han demostrado que el aceite y las grasas derivadas de este procesado de los bioresiduos (aproximadamente un 1,9% del total) forman un material crudo, rico en propiedades beneficiosas y, por lo tanto, potencialmente reutilizable como fuente de energía en forma de biocombustible.

(<http://www.europapress.es/turismo/transportes/navieras/noticia-costa-pacifica-pionero-gestion-residuos-bordo-20140911123045.html>)

Una de las más importantes desventajas es la gran utilización de energía para el secado de los residuos sólidos lo que no sería energéticamente rentable para el buque, pero si ambientalmente.

Por lo que si se mejora y desarrolla más la metodología de secado a bordo podría resultar una mejor alternativa viable de futuro a la incineración, que, al producir fertilizantes orgánicos con dicho proceso, se podrían no solo vender posteriormente sino también aprovechar, con las plantas que halla a bordo, de la misma manera que con los aceites y biocombustibles también producidos (Perazzini et al., 2016).

Hay muchos métodos de secado de residuos sólidos tanto orgánicos como inorgánicos utilizados actualmente, en este esquema se muestran los más comunes y representativos:

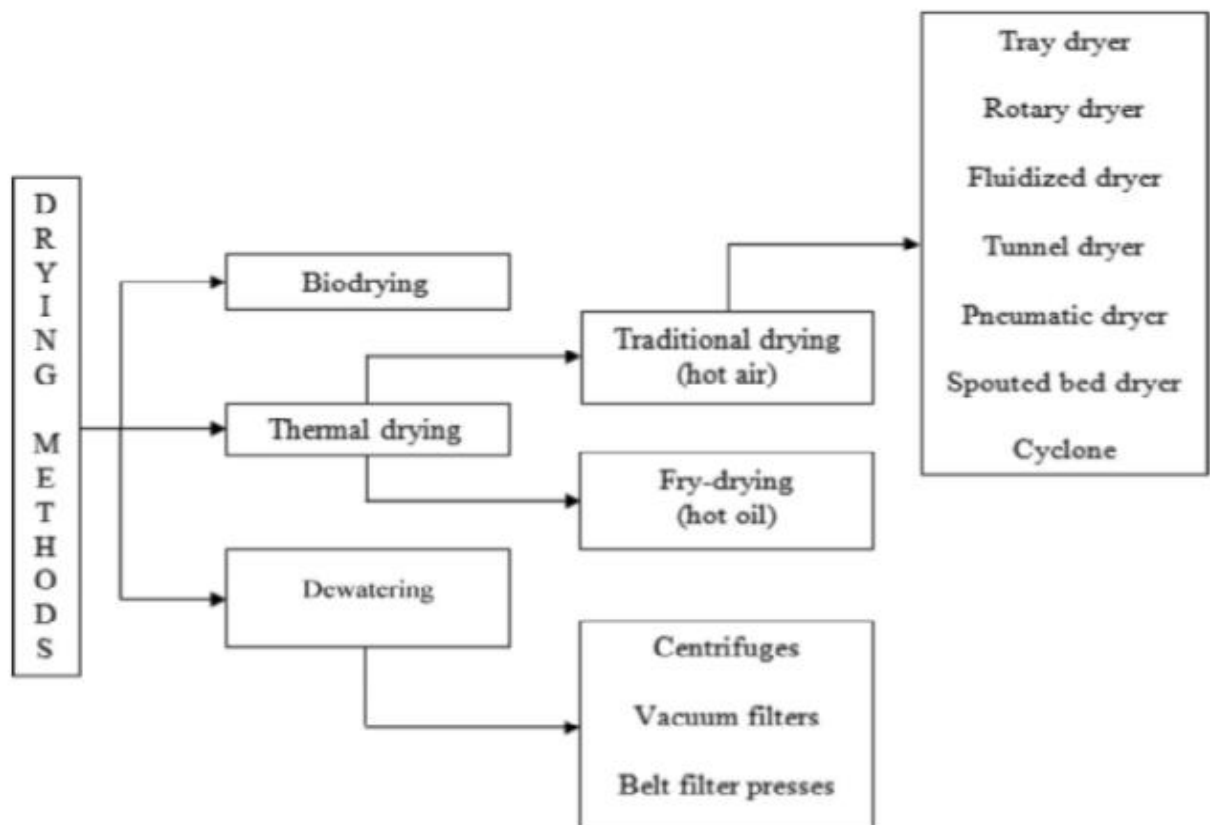


Figura 7: Métodos más comunes de secado

Fuente: Thermal Treatment of Solid Wastes Using Drying Technologies: A Review

Según el tipo de residuo sólido, naturaleza y composición de este, se elige el tipo de método más adecuado para llevar a cabo el proceso de secado.

A continuación, mediante la siguiente tabla procedente de un artículo de Perazzini et al (Perazzini et al., 2016) mostraré las características de los principales residuos sólidos, naturaleza, tipo de método que se utiliza más frecuentemente, su energía intrínseca y cantidad de agua de las muestras con las que se ha experimentado realizando el proceso de secado:

Solid waste	Nature	Initial moisture content (w.b., %)	Main characteristics	Energy content	Main drying method
Citric waste	Organic	82–85	Sticky, irregularity of particles, high density, high hygroscopicity	0.99 J/kg°C	Rotary drying
Carton packaging waste	Inorganic	20–60	Particles with different sizes and shapes, low density, low hygroscopicity	0.71 kJ/kg°C	Rotary drying
Hospital waste	Inorganic	85	Irregularity of particles, high specific volume, low density, low hygroscopicity	–	Tray drying
Vegetable waste	Organic	72–85	Heterogeneous, high specific volume, high hygroscopicity	0.68 kJ/kg°C	Tray drying, rotary drying
Sewage sludge	Organic/ Inorganic	95–99	Homogeneous, low hygroscopicity, high moisture content	23000– 30000 kJ/kg	Tunnel drying, rotary drying
Sugar cane bagasse	Organic	55–90	Homogeneous, high specific volume, low hygroscopicity	19268 kJ/kg	Pneumaticdrying, rotary drying
Olive cake	Organic	45–70	Heterogeneous, sticky, cohesive, high density, low hygroscopicity	13825 kJ/kg	Rotary drying, fluidized beddrying
Forestry biomass	Organic	50–75	Need preprocessing/ sizing, large mean particle size, medium hygroscopicity, low density	20580 kJ/kg	Rotary drying, tunnel drying, fluidized beddrying

Tabla 5: Tabla de las características de los distintos métodos de secado

Fuente: Thermal Treatment of Solid Wastes Using Drying Technologies: A Review

Para finalizar, trataré un caso más específico de secadora de sólidos para mostrar el proceso, pero a gran escala (no para uso en un buque), ya que el procedimiento es similar y actualmente se están desarrollando proyectos para implementar este elemento a bordo en pequeña escala (y no hay muchos datos disponibles todavía ya que está en proceso de desarrollo como ya expuse) para que se adecue a las dimensiones, necesidades y cantidad de residuos del buque.

El Barrido por Aire Secador Tubular (Secador de AST) es un nuevo concepto en la tecnología de secado. Fabricado en los Estados Unidos, procesará cualquier tipo de solido orgánico e inorgánico dejando como resultado polvos de baja humedad.

El flujo de material a través del secador se controla de manera que el producto puede ser un polvo fino, seco o un material granular húmedo.

Existen tres zonas separadas y diferenciadas en el secador, encargadas de controlar la velocidad de secado con la zona de retención central y determinar el contenido de humedad residual y el tamaño físico del producto.

Altos diferenciales de temperatura se utilizan, pero como con la mayoría de los secadores flash, la temperatura del producto es inferior a la temperatura de bulbo húmedo del sistema.

La fuente de calor para la lavadora es un aceite o de gas generador de aire caliente, generalmente integrado con el cilindro de secado.

El secador se fabrica en nueve tamaños con tasas de evaporación tan alta como ocho toneladas por hora.

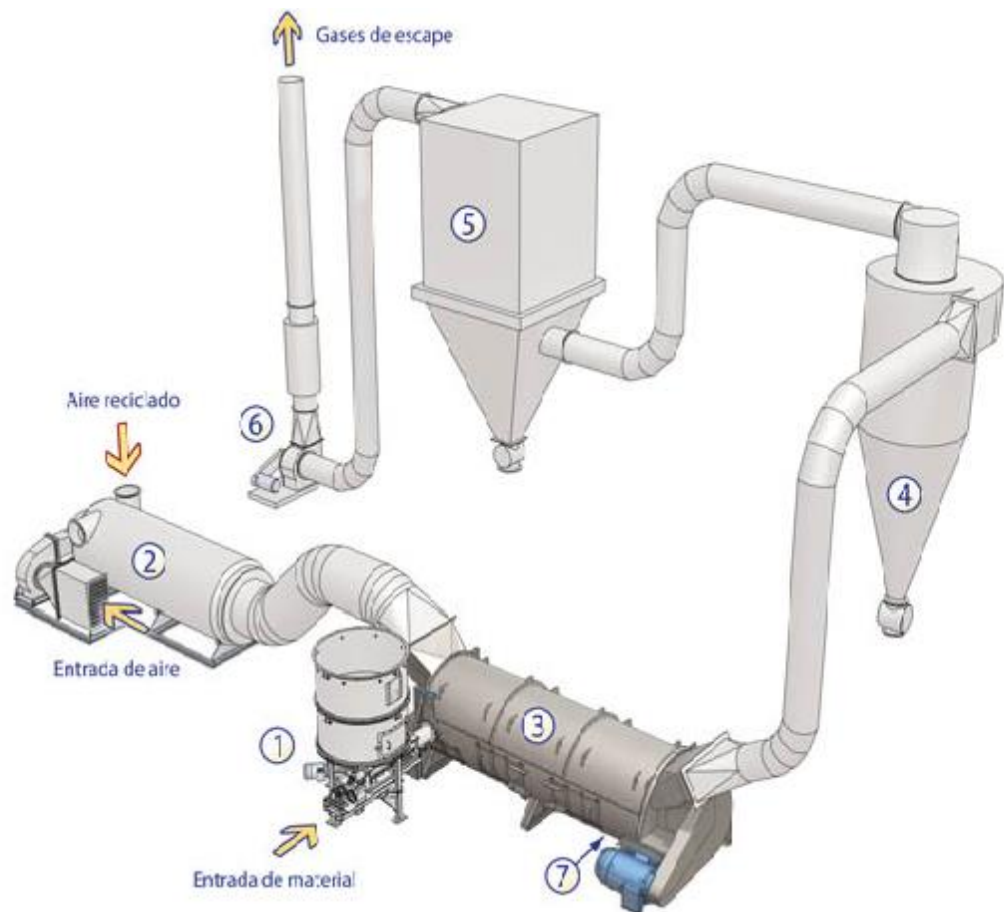
www.atritor.com > products > ast-dryer



Figura 8: AST Dryer

Fuente: www.atritor.com > products > ast-dryer

Con estas dos imágenes que adjunto a continuación se puede apreciar las distintas partes del turbo secador y las etapas a llevar a cabo para completar el proceso de secado para este modelo en concreto de turbo secador (AST Dryer), pero que tiene un funcionamiento similar al que se llevará en el buque a pequeña escala.



Planta típica con secador AST

- | | |
|----------------------------------|--------------------------|
| 1 Generador de aire caliente | 5 Ciclón |
| 2 Alimentador de flujo de masa | 6 Filtro |
| 3 Secador de AST | 7 Ventilador del sistema |
| 4 Descarga opcional por gravedad | |

Figura 9: Planta típica con secador AST

Fuente: www.atritor.com > products > ast-dryer

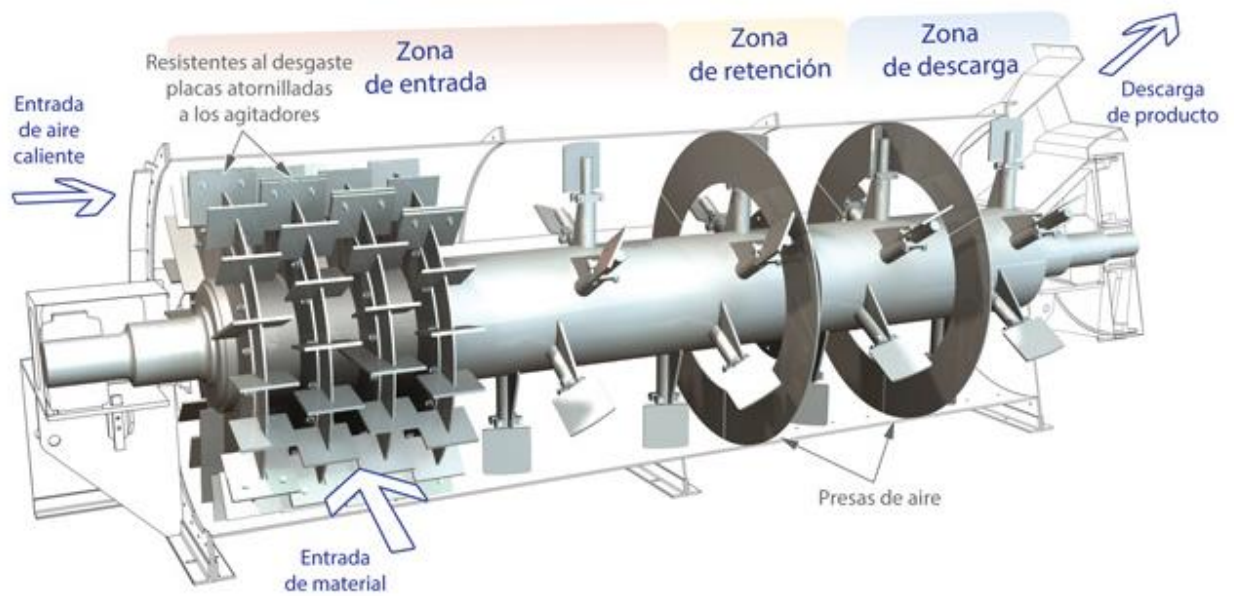


Figura 10: AST Dryer

Fuente: www.atritor.com > products > ast-dryer

3.1.3. CONTAMINACIÓN MARINA POR PLÁSTICOS.

Para terminar con los residuos sólidos hay que tratar en específico en los cruceros los plásticos, más en concreto los envases tales como las botellas y bolsas, que constituyen uno de los mayores factores de contaminación de nuestros mares.

Ya que a bordo el agua corriente no es potable, la fuente para saciar nuestra sed suele ser el agua embotellada, estas son una gran amenaza para el medio ambiente si no son gestionadas adecuadamente ya que en cruceros de gran tamaño con travesías de larga duración el consumo de estas puede estar por encima de las 100.000 unidades.

Ante esta situación la primera alternativa en algunos cruceros fue reemplazar las botellas de plástico convencionales por las botellas de plástico PET reciclables, para al menos dar más de un uso a cada una de las botellas, pudiéndolas reciclar y volver a utilizar en un futuro (por ejemplo, más de 11.900 botellas de vidrio por crucero fueron reemplazadas por botellas de plástico PET, ahorrando así un total de 7.300 kg de vidrio en toda la flota de Costa Cruceros).

Pero esto solo es un paso en el largo camino que debemos recorrer para frenar la gran contaminación de nuestros mares, ya que seguiríamos utilizando plástico como materia prima para la fabricación de botellas, siendo este como ya sabemos, un material que tarda en descomponerse unos 1000 años y que su producción genera una gran cantidad de gases contaminantes.

<http://www.europapress.es/turismo/transportes/navieras/noticia-costa-pacifica-pionero-gestion-residuos-bordo-20140911123045.html>

Aunque este último dato de los años que tarda en descomponerse el plástico no es del todo cierto ya que el plástico no es degradable ni biodegradable. Debido a que cuando hablamos de la “degradación del plástico” nos referimos a un proceso por el cual éste se separa en trozos cada vez más pequeños. ¿Hasta que desaparece? No, hasta que llega a ingresar a la cadena trófica. ¿Qué significa esto? Los seres vivos que están en la base de la cadena alimenticia empiezan a ingerirlos porque los trozos del material degradado llegan a alcanzar medidas ínfimas, y pasan a llamarse microplásticos.

Una vez que estos plásticos ingresan a la cadena trófica, existen varias opciones:

-La primera opción sería que los animales que se encuentran en el primer nivel de la escalera alimenticia mueran a causa de la ingesta de plásticos. ¿Qué pasa si muere la base de la cadena alimenticia? Muy simple, el resto se vendría abajo como una torre a la que se le quitan los cimientos. (Como pasa con las tortugas marinas)



Figura 11: Campaña Greenpeace

Fuente: <https://www.primiciaweb.es/mediterraneo-mar-plastico/>

-La segunda, sería la que está pasando hoy día: Los pequeños animales de la base de la cadena alimenticia ingieren los plásticos. Estos animales siguen su recorrido por la cadena siendo devorados por otros más grandes, y esos por otros, hasta llegar a los humanos. Esto significa que estaríamos consumiendo minúsculos trozos de plástico de una forma alarmante.

Obviamente, son muy pequeños, pero en el paso de los años, ese plástico sigue acumulándose en nuestro organismo. Y ya que cada vez la contaminación, es más, cada nueva generación ingiere cada vez más plástico. Al igual que ocurre con el agua que consumimos no solo del grifo sino también la embotellada como asegura Orb Media tras una investigación realizada este año.

En concreto, los análisis exclusivos realizados por Orb Media en más de 250 botellas de 11 marcas líderes revelan una contaminación generalizada con residuos de micro plásticos, como el polipropileno, el nailon y el tereftalato de polietileno (PET).

Y la media mundial se sitúa en las 314 partículas por litro de agua embotellada y se encontró plástico en el 93 por ciento de las muestras, que procedían de 19 lugares de 9 países de los cinco continentes.

Y el año pasado Orb Media realizó el mismo estudio, pero con agua potable del grifo, se pueden encontrar microfibras de plástico en el 83% de aguas del grifo del mundo. Aunque ni siquiera es el principal problema: el problema de verdad es que no sabemos qué consecuencias pueden llegar a tener, ya que hasta un 90% de los micro plásticos ingeridos pueden ser excretados por el intestino, pero el 10% restante puede pasar del torrente sanguíneo a los riñones o el hígado, según advierte un informe de Naciones Unidas.

Estos análisis vienen a confirmar algo que ya sospechábamos: la contaminación por plásticos ha alcanzado la práctica totalidad del mundo y, ya sean microfibras o nano plásticos, nos tiene rodeados. Porque a esos datos hay que sumarles la contaminación plástica que hay en alimentos (sobre todo, marinos), bebidas o, más aún, la que hay en el aire.

Los seres humanos ya hemos creado más de 8.300 millones de toneladas de plástico y el 91% ni se ha reciclado, ni se reciclará jamás. ¿Dónde están todas esas toneladas? En todos lados como ya he dicho, desde vertederos a playas paradisíacas pasando por el agua del grifo, agua embotellada y hasta en la cerveza, miel y azúcar. (<https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/el-agua-del-grifo-esta-llena-de-microplasticos-y-no-sabemos-que-efecto-tienen-a-largo-plazo>)

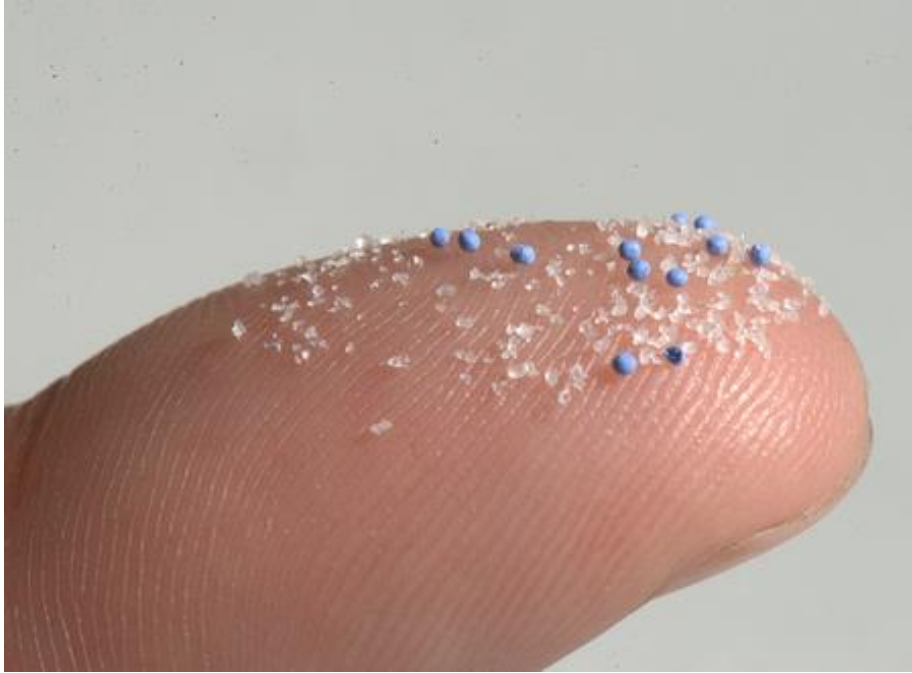


Figura 12: Micro plásticos

Fuente: <https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/el-agua-del-grifo-esta-llena-de-microplasticos-y-no-sabemos-que-efecto-tienen-a-largo-plazo>

Por lo que cuando oímos que una bolsa se “bio degrada” o que un vaso de plástico tarda tantos años en “bio degradarse”, no es más que una mentira para hacernos sentir menos culpables.

En una época, se empezaron a comercializar una bolsa de plástico que se bio degradaban más rápido, lo cierto es que esas bolsas hacían daño al medio ambiente más rápido que el resto del plástico.

Todos utilizamos bolsas plásticas, porque es el material que hay para hacer las bolsas. Esto es totalmente falso, existen alternativas hasta 100% ecológicas y que, incluso, pueden utilizarse nuestros desechos orgánicos diarios como materia prima.

El problema, es que la industria del plástico es un negocio multimillonario, por eso mismo esta información no suele difundirse.

Por ello, cada vez se concentran más esfuerzos en el diseño de nuevos envases fabricados con materiales reciclables o biodegradables ("plástico bio degradable"), tales como biopolímeros(PHA,POLIHIDROXIALCANOATO,PHB POLIHIDROXIBUTIRATO, PSBs, PLA) o de manera más general elementos más familiares como:

- piel de tomate
- maíz
- bananas
- cáscaras de patatas
- seda y camarones
- hongos

Información más detallada: <https://alternativaatolon.wordpress.com/2014/10/20/6-formas-de-crear-plasticos-biodegradables/>

Pero yo me voy a centrar en una alternativa muy reciente para la realización de botellas de plástico bio degradables para su uso no solo en cruceros sino en cualquier ámbito, mediante un material bastante afín y próximo al mar, **las algas**.

La creación es de Ari Jónsson, un estudiante de diseño de producto islandés. Su funcionamiento es muy simple, la botella mantiene su forma hasta que se haya vaciado. Automáticamente, en cuanto esté completamente vacía, la botella empezará a descomponerse.

Como argumentó en una entrevista en la revista Dezeen: "¿Por qué utilizamos materiales que tardan cientos de años en descomponerse en la naturaleza para utilizarlos una sola vez y luego tirarlos?"

La botella está hecha de agar en polvo, una sustancia obtenida de las algas. Cuando este polvo se mezcla con agua, se convierte en un material gelatinoso, que puede moldearse de la manera que se quiera.

La botella mantiene su forma cuando está llena de líquido, pero comenzará a descomponerse tan pronto como esté vacía.

Jónsson explicó en un artículo de Co.Exist que la mezcla de algas y agua produce la perfecta vida útil para la botella.

El inventor argumenta que la botella es totalmente segura y se puede beber de ella sin problema, aunque podría tomar algo de sabor salado tras un tiempo. Incluso podrías comerte la botella, la cual según dice, tiene un ligero sabor a algas marinas, pero valdría tener en cuenta que el agar se suele utilizar como laxante.

De momento, el diseño es poco más que un concepto, pero Jónsson espera que haga que la gente se cuestione sobre el problema del plástico y considere desarrollar sus propias soluciones.

La producción y uso del plástico significa un gravísimo desafío medioambiental. En 2014, se produjeron 311 millones de toneladas de plástico, la mayoría de los cuales terminaron en vertederos o en el océano.

Un estudio elaborado por el World Economic Forum y Ellen MacArthur Foundation estima que si nuestra cultura continúa con su uso irresponsable del plástico los océanos del mundo contendrán más plástico que peces en el año 2050.

De acuerdo con el informe, cada año entran en los océanos 8 millones de toneladas de plástico, la mayoría de las cuales corresponden a embalajes.

Estos hallazgos enfatizan en la urgente necesidad de abordar el problema de los plásticos. Encontrar soluciones más sostenibles para el medio ambiente en temas como la producción de botellas de plástico es un paso en la dirección correcta.

<https://computerhoy.com/noticias/life/botellas-biodegradables-ofrecen-solucion-problema-plastico-43271>)



Figura 13: Botellas biodegradables hechas con algas

Fuente: <https://goo.gl/images/p3rfWR>

3.1.4. OTRAS ALTERNATIVAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS SÓLIDOS:

Para concluir el apartado de residuos sólidos no se nos deben olvidar otras medidas que pueden ser beneficiarias a la larga tales como sustituir los frascos de yogur de plástico por envases de tetrabrik de 1 litro (esperando en el futuro encontrar un envase más respetable y ecológico adecuado para este tipo de productos) y reducir la producción de residuos de papel mediante la sensibilización y concienciación tanto de pasajeros como de tripulantes, imponiendo altas sanciones a aquellos que incumplan las normas preestablecidas en este ámbito.

(Siguiendo con el ejemplo de Costa Cruceros, la sustitución de frascos de yogur de plástico por envases de Tetra Pak de 1 litro significó reducir 6.500 frascos de yogur con 33 kilos menos de plástico embarcado y más de 1.400 pasajeros se involucraron en las actividades del proyecto diseñadas para dar a conocer fórmulas de uso razonable del papel, mientras que más de 18.000 empleados participaron en una campaña de sensibilización sobre la necesidad de reducir el uso de papel).

<http://www.europapress.es/turismo/transportes/navieras/noticia-costa-pacificapionero-gestion-residuos-bordo-20140911123045.html>

3.1.5. GESTION Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A BORDO, (MARPOL ANEXOS I, II, IV):

Como en el apartado anterior expondré la gestión y tratamiento actual y más generalizado de las aguas residuales a bordo y posteriormente mostrare un proceso alternativo o en algunos casos complementarios a los existentes.

Para comenzar definiré el concepto de aguas residuales y estableceré los tipos y naturaleza de cada una:

“Las aguas residuales de un buque tienen una composición más o menos uniforme, lo cual facilitará los procesos de tratamiento, aun así, la composición varía influenciada por algunos factores como son los hábitos alimentarios, consumos de agua, productos de limpieza, etc.

La composición, al igual que la cantidad de agua residual, sufre variaciones respecto al tiempo. Varía en el transcurso de las distintas horas del día, en función de los días de la semana y se presentan variaciones estacionales (Espigares y cols., 1985).

Tres grupos de caracteres se pueden tener en cuenta para los diferentes componentes del agua residual:

-3.1.5.1. Físicos

-3.1.5.2. Químicos

-3.1.5.3. Biológicos

3.1.5.1. Características físicas:

Las características principales que definen a las aguas residuales son:

- Temperatura
- Turbidez
- Color
- Sólidos
- Olor
- Densidad

3.1.5.2. Características químicas:

Hay una serie de parámetros que sirve para describir composición de las aguas residuales, los cuales se pueden subdividir dependiendo del tipo de materia que los produce (Espigares y cols.,1985).

- Materia orgánica
 - + Demanda biológica de oxígeno (DBO-)
 - + Demanda química de oxígeno (DQO)
 - + Carbono orgánico total (COT)
 - + Demanda total de oxígeno (DTO)
 - + Demanda teórica de oxígeno (DTeO)
- Materia inorgánica
 - + pH
 - + Cloruros
 - + Alcalinidad
 - + Nitrógeno
 - + Fósforo
 - + Azufre
 - + Compuestos tóxicos
 - + Metales pesados
 - + Gases
- Oxígeno disuelto
- Sulfuro de hidrógeno
- Metano

3.1.5.3 Características biológicas:

Las aguas residuales debidas a su naturaleza pueden contener un gran número de organismos, donde la temperatura y el pH influyen que tipos de organismo se desarrolla o proliferan más en detrimento de otros (Espigares y cols., 1985).

Los principales grupos de organismos que se pueden encontrar en el agua residual son:

- Bacterias
- Virus
- Algas
- Protozoos
- Hongos

3.1.5.4. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS QUE CONTROLAR EN LAS AGUAS RESIDUALES:

Aunque como se ha descrito anteriormente existe un número importante de factores que pueden ayudar a caracterizar a las aguas residuales, se seleccionan algunos valores para conocer el potencial contaminante de las aguas residuales y poder así establecer valores de referencia adecuados (Aejijelts et al., 2012).

-Recuento estándar de coliforme totales (Coli):

Se denomina genéricamente coliformes a un conjunto de especies de bacterias que tienen una relevancia importante como indicadores de la contaminación del agua y los alimentos. Normalmente los coliformes presentes en las aguas residuales son de origen fecal, aunque existen algunos de otra naturaleza.

La medición de la cantidad de coliformes en las aguas residuales indica de un modo proporcional el grado de contaminación del vertido, y su ausencia asegura un vertido bacteriológicamente seguro.

Una vez realizado el análisis para conocer la cantidad de coliformes, el resultado se expresa como UFC/100mL, unidades formadoras de colonias x100mL de muestra (Santiago Díaz, 2017).

- Sólidos suspendidos totales (TSS)

Este parámetro indica la cantidad de sólidos que se encuentran en suspensión en el agua residual y que pueden ser separados del agua por medio de medios mecánicos (filtros, separadores centrífugos, etc.) y evaporada el agua que puedan contener, la cantidad total es la suma de los sólidos fijos y de los sólidos volátiles, estos últimos son los que desaparecen después de someter la muestra a 550°C de temperatura durante un periodo de tiempo. La medida de SST se expresa en mg/L (Santiago Díaz, 2017).

-Demanda biológica de oxígeno (BOD/BOD5):

Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno que necesitan los organismos presentes en el agua residual para biodegradar la materia orgánica que contiene dicha agua, de este modo se puede conocer la cantidad de materia que puede ser consumida u oxidada biológicamente.

La prueba que se realiza para calcular dicha demanda biológica de oxígeno dura 3 o 5 días, por lo que se expresa como BOD (3 días) y BOD5 (5 días) y los valores que se desprenden de dicha prueba se expresan en mgO₂/L (Santiago Díaz, 2017).

-Demanda química de oxígeno (COD):

Es un parámetro que mide la cantidad de materia disuelta en suspensión en el agua residual que puede ser oxidado por medios químicos, es otro indicador para conocer el grado de contaminación que posee el agua residual. Aunque sirve para conocer la concentración de materia orgánica que hay en el agua, ésta no es precisa ya que también se oxidan por acción de los productos químicos otras sustancias inorgánicas. Siempre el valor obtenido de demanda química de oxígeno es superior a la demanda biológica de oxígeno (aproximadamente el doble), ya que con este método se oxidan también las sustancias no biodegradables. Las unidades en las que se expresa COD son mgO₂/L (Santiago Díaz, 2017).

-pH:

El pH (potencial de hidrógeno) sirve para medir la acidez o alcalinidad de una disolución. El pH nos indica la concentración de iones de hidrógeno (H)⁺ que están presentes en cualquier disolución.

En las disoluciones acuosas los valores de pH varían desde 0 a 14, siendo ácidas las disoluciones con valores menores de 7 y alcalinas o básicas las de pH superiores a 7. Una disolución neutra es aquella que tiene un pH igual a 7.

Las aguas residuales se deben de mantener dentro de unos valores de pH de 6,5 a 8,5, ya que unos valores fuera de este rango pueden afectar a la vida biológica de la zona donde se vierta, además de que es más difícil tratar dicha agua residual por medio de tratamientos biológicos (Santiago Díaz, 2017).

-Cloro o sus compuestos:

El cloro es un desinfectante cuyo uso está muy extendido para el tratamiento de aguas residuales ya que elimina gran parte de los organismos presentes en estas aguas al ser éstos inactivados mediante la oxidación de la materia celular. Es una tecnología cuyo uso está muy extendido debido a que es muy eficiente en relación calidad/costo respecto de otras tecnologías utilizadas para la desinfección de aguas residuales.

Por el contrario, la utilización de cloro para la desinfección hace que una parte de éste (cloro residual) puede permanecer en el efluente de agua residual prolongando el efecto de desinfección aun después de haber sido vertido al mar, este cloro aun en concentraciones muy bajas es tóxico para los organismos acuáticos, por esta razón se deben de tomar medidas para evitar que el efluente tenga unas concentraciones perjudiciales por medio de la descloración o el uso de otras tecnologías de desinfección (ozono, radiaciones ultravioleta, etc.).(Santiago Díaz, 2017).

-Nitrógeno total:

El nitrógeno es un elemento de importancia en el tratamiento biológico de las aguas residuales, ya que si no lo contienen en unas cantidades adecuadas pueden generarse problemas importantes, porque el nitrógeno es un elemento necesario para el crecimiento de los microorganismos que intervienen en el proceso.

De ese mismo modo, un exceso de nitrógeno puede generar una población elevada de microorganismos con el consiguiente agotamiento del oxígeno disuelto y la eutrofización (acumulación de residuos orgánicos) de las aguas donde se produzca el vertido de las aguas residuales (Santiago Díaz, 2017).

El nitrógeno total es la suma de sus cuatro formas básicas:

- Nitrógeno básico
- Amonio (NH_4)
- Nitrito (NO_2)
- Nitrato (NO_3)

- Fosforo total:

Es junto con el nitrógeno uno de los componentes de las aguas residuales más importantes para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos, y un defecto o exceso en sus proporciones puede generar los mismos problemas que el nitrógeno.

El fosforo total es suma de las tres formas en las que se puede encontrar:

- Ortofosfatos solubles
- Polifosfatos inorgánicos
- Fosfatos orgánicos

Los ortofosfatos son la forma más fácilmente asimilable por los microorganismos (Santiago Díaz, 2017).

3.1.5.5. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES USADAS EN LOS BUQUES:

Actualmente todas las plantas de tratamiento que existen se basan en tres procesos principales con los que se pueden tratar las aguas residuales que son:

- **Procesos mecánicos**
- **Procesos químicos**
- **Procesos biológicos**

Normalmente el proceso de tratamiento de aguas residuales suele ser una combinación de dos procesos, tales como **mecánico-químico, mecánico-biológico y químico-biológico** (Santiago Díaz, 2017).

El tratamiento de las aguas residuales incluye las siguientes etapas:

-3.1.5.5.1. Acumulación y gestión de aguas residuales

-3.1.5.5.2. Pretratamiento de aguas residuales

-3.1.5.5.3. Oxidación de las aguas residuales

-3.1.5.5.4. Clarificación y filtración de aguas residuales

-3.1.5.5.5. Desinfección de aguas residuales

-3.1.5.5.6. Tratamiento de lodos

3.1.5.5.1. Acumulación y gestión de aguas residuales:

En esta etapa del proceso de tratamiento de las aguas residuales (aguas negras, aguas grises y aguas procedentes de la cocina, etc.) se recogen en unos tanques antes de realizar el tratamiento de dichas aguas, dando la posibilidad de regular un caudal constante al proceso de depuración, evitando así caudales variables que generarían fluctuaciones y problemas en el proceso (Santiago Díaz, 2017).

3.1.5.5.2. Pretratamiento de aguas residuales:

El pretratamiento de aguas residuales sirve para proteger las otras fases del proceso de depuración, debido a que las aguas residuales normalmente contienen una gran cantidad de residuos sólidos y grasa que pueden causar problemas en las siguientes etapas del proceso. El proceso de pretratamiento sirve para reducir la cantidad de sólidos en las aguas residuales, además de reducir la necesidad de oxidación (de los materiales que se han retirado). El pretratamiento es mecánico y consiste en elementos de tamizado y sedimentación, para evitar problemas en este proceso las partículas más grandes pasan a través de una bomba trituradora antes del proceso de tamizado (Santiago Díaz, 2017).

3.1.5.5.3. Oxidación de las aguas residuales:

Aunque mediante el desbaste mecánico se puede lograr una reducción máxima del 50% de la carga orgánica, los restantes compuestos orgánicos deben de ser oxidados, ya sea químicamente o biológicamente (Santiago Díaz, 2017).

3.1.5.5.3.1. Tratamiento químico:

Si se añaden ciertos compuestos químicos, tales como: Ozono, cloro, peróxido de hidrógeno, se consigue una oxidación química de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

Cabe destacar que la oxidación con el ozono y el peróxido de hidrógeno es menos agresiva con el medio ambiente que la producida con cloro, ya que se generan compuestos cancerígenos como subproductos de la reacción de oxidación, aunque el cloro es más barato y fácil de conseguir que los otros. Los resultados del tratamiento químico para la reducción de la DBO y el fósforo son buenos, si se dosifica unas dosis adecuadas que se mezclan perfectamente con el efluente, pero se debe tener en cuenta que una cloración en exceso produce altos niveles de cloro residual en la descarga, lo cual es muy perjudicial para los organismos marinos.

3.1.5.5.3.2. Tratamiento biológico:

En el tratamiento biológico los microorganismos (bacterias) utilizan la materia orgánica presente en las aguas residuales como su alimento. Existen varios tipos de procesos biológicos, donde el proceso más común es una planta de tratamiento de lodos activos, donde se mezclan las aguas residuales con los lodos activos en un tanque con aireación continua, otros sistemas son los filtros biológicos y biorotores en los cuales las bacterias que eliminan la materia orgánica se unen al material filtrante, utilizándolo de soporte.

El sistema de tratamiento biológico es la forma más eficaz de reducir la carga de DBO, ya que se pueden lograr reducciones entre el 80-95% y una reducción en la cantidad de fósforo del 20-40%, aunque la eficacia del proceso biológico depende de la cantidad de biomasa activa y de las condiciones de vida de las bacterias.

Las principales desventajas del tratamiento biológico son el largo período de arranque del proceso y su sensibilidad a las perturbaciones externas (Santiago Díaz, 2017).

Las principales causas del mal funcionamiento del sistema biológico son las siguientes:

- La entrada de sustancias químicas en el proceso, las cuales afecten o destruyan las bacterias.
- La falta o defecto de oxígeno disuelto en el proceso, que hace que ciertas bacterias mueran, o proliferen otras que empeoran el proceso.
- Que la recirculación de los lodos activos se vea interrumpida.

3.1.5.5.4. Clarificación y filtración de aguas residuales:

Después de la oxidación, el lodo se debe de separar en un tanque de decantación y se devuelve (recircula) al tanque de aireación de nuevo. La separación de la biomasa activa, partículas de sedimento y bacterias del agua es una parte crucial en el proceso de depuración de las aguas residuales. Los procesos de clarificación y filtración utilizados en los buques son la filtración por membrana, la flotación mediante aire disuelto (DAF-Dissolved air flotation) y la sedimentación. El sistema DAF se basa en la inyección continua de corriente uniforme de burbujas de aire microscópicas desde el fondo de un tanque en vertical a la corriente de agua de alimentación, haciendo que las partículas floten en la superficie del tanque, en el cual hay instaladas en la superficie unas placas de sedimentación inclinadas, mediante las cuales se desnatan continuamente. Es útil cuando las aguas tratadas tienen un alto contenido en sólidos en suspensión totales (TSS) o cuando el contenido de sólidos en suspensión es muy variable (Santiago Díaz, 2017).

3.1.5.5.5. Desinfección de aguas residuales:

La fase final del proceso de depuración de las aguas residuales es la desinfección. Aunque dependiendo del método que se utilice en el proceso anterior, la desinfección mejorar la calidad de las aguas residuales o será una parte crucial del proceso de depuración. Si se utiliza un sistema de filtración por membranas la desinfección se realiza por medio de luz ultravioleta, aunque si la transmitancia luminosa de dicha agua es baja, debido a una turbidez alta del agua u otras características del agua, la desinfección por este sistema resultará inadecuada.

Otros desinfectantes que se suelen usar son el cloro, radicales (Por ej.; Hidroxilo $^{\circ}\text{OH}$) y ozono (Santiago Díaz, 2017).

3.1.5.5.6. Tratamiento de lodos:

En esta parte del proceso la finalidad es reducir al máximo la cantidad de lodos mediante la eliminación del agua que contienen después del proceso de depuración, y la cantidad de lodos que llegue a esta parte del proceso dependerá de tipo de tratamiento que se utilice para la depuración de las aguas residuales, como se ha comentado antes, un proceso de pretratamiento efectivo reduce la cantidad de lodos producidos en un porcentaje importante.

El lodo normalmente sale del proceso de depuración con una concentración de materia seca de 2-3% (%MS), y se le reduce su concentración de agua por medio de uno de los procesos de deshidratado que existen (decantadores centrífugos, filtros prensa, filtros banda, tornillos prensa, etc.), lográndose diferentes sequedades dependiendo del proceso utilizado que van desde 17 hasta los 45% MS. Después del proceso de deshidratación, se pueden utilizar diferentes técnicas para continuar la reducción de la cantidad de agua que contenga el lodo por medio del secado térmico de éste, o incluso buscar fórmulas para eliminarlo, tales como la incineración. (Santiago Díaz, 2017).

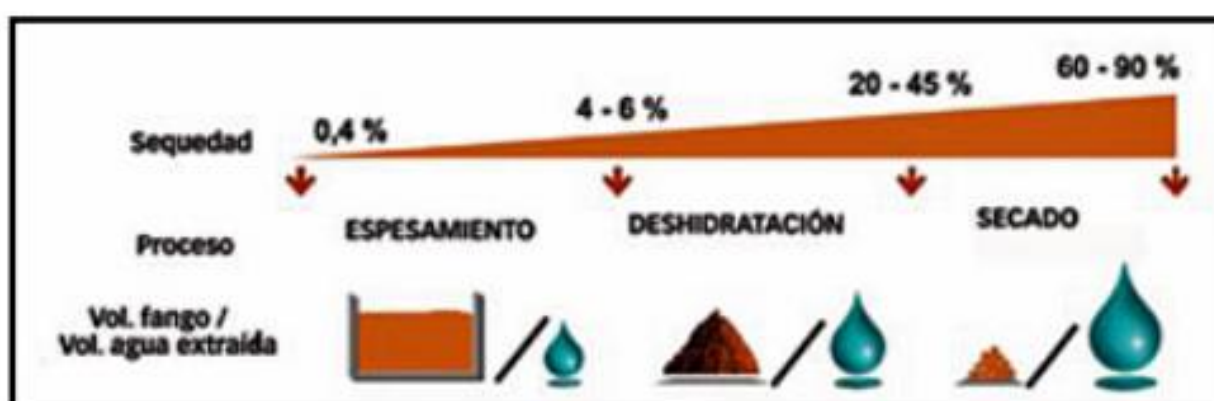


Figura 14: Proceso de deshidratación de lodos según sequedad requerida

Fuente: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/10672/lv%C3%A1n%20Santiago%20D%C3%ADaz.pdf?sequence=1>

3.1.6. LICUEFACCIÓN HIDROTÉRMICA:

En este caso en concreto se trataría de implementar una metodología complementaria a la ya existente, pero llevando a un paso más el proceso de gestión de aguas residuales a bordo mediante la **licuefacción hidrotérmica** de los lodos provenientes del proceso anterior.

Con este método se evitará la incineración de los lodos residuales para la eliminación del agua que contengan los lodos, ya que la licuefacción hidrotérmica puede procesar residuos con cierta cantidad de agua, por lo que así se eliminaría el proceso de secado y se le daría una segunda vida útil a bordo.

Consistiría básicamente en un reactor que es literalmente un tubo caliente y presurizado, que mediante la conversión hidrotérmica crea un proceso continuo y escalable que permite el uso de residuos húmedos como los lodos de depuradora. La tecnología, la licuefacción hidrotérmica (LHT), imita las condiciones geológicas que la Tierra “utiliza” para crear petróleo crudo, utilizando alta presión y temperatura para lograr en minutos algo que la Tierra tarda millones de años en crear. El material resultante es similar al petróleo extraído de la tierra, con una pequeña cantidad de agua y oxígeno mezclado. Este biocrudo puede ser refinado utilizando operaciones convencionales de refinado de petróleo.

En este artículo a continuación explica el proceso con más detalle,

<https://gestoresderesiduos.org/noticias/combustible-a-partir-de-aguas-residuales>):

Puede sonar a ciencia ficción, pero las plantas de tratamiento de aguas residuales podrían transformar un día las aguas residuales ordinarias en biocrudo, gracias a una nueva investigación del Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste del Departamento de Energía (PNNL), en Estados Unidos.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales, sólo en Estados Unidos, tratan aproximadamente 130 mil millones de litros de aguas residuales diarias [en el caso de España, esta cifra es de unos 14.250 millones de litros]. Esa cantidad podría producir el equivalente de hasta aproximadamente 30 millones de barriles de petróleo por año [unos 3,3 millones en España]. El PNNL estima que una sola persona podría generar de 7,5 a 11 litros de biocrudo al año.

Las aguas residuales o, más específicamente, los lodos de depuradora han sido consideradas durante mucho tiempo como un ingrediente pobre para producir biocombustible porque está demasiado húmedo. El enfoque que está siendo estudiado por PNNL elimina la necesidad de secado requerido en la mayoría de las tecnologías térmicas actuales que históricamente ha hecho que las aguas residuales sean demasiado intensivas en energía y caras para la conversión de combustible. La LHT también se puede utilizar para fabricar combustible a partir de otros tipos de materias primas orgánicas húmedas, como los residuos agrícolas.

Usando la licuefacción hidrotérmica, la materia orgánica, como los desechos humanos, se puede descomponer en compuestos químicos más simples. El material se presuriza a 210 kilogramos por centímetro cuadrado, casi cien veces la de un neumático de automóvil. Los lodos presurizados entran entonces en un sistema de reactor que funciona a unos 315 grados Celsius. El calor y la presión hacen que las células del material de desecho se descompongan en diferentes fracciones: el biocrudo y una fase líquida acuosa.

“Hay mucho carbono en los lodos de aguas residuales municipales y, curiosamente, también hay grasas”, dijo Corinne Drennan, responsable de la investigación en tecnologías de bioenergía en PNNL. “Las grasas o lípidos parecen facilitar la conversión de otros materiales en las aguas residuales como papel higiénico, permitir el movimiento del lodo a través del reactor, y producir un biocrudo de muy alta calidad que, cuando es refinado, produce combustibles como la gasolina, el diesel y combustibles para jets”.

Además de producir combustible útil, el LHT podría permitir a los gobiernos locales obtener significativos ahorros en sus costes eliminando prácticamente la necesidad del procesamiento, el transporte y la eliminación de los residuos de las cloacas.

“Lo mejor de este proceso es lo sencillo que es”, dijo Drennan. “El reactor es literalmente un tubo caliente y presurizado, hemos acelerado la tecnología de conversión hidrotérmica en los últimos seis años para crear un proceso continuo y escalable que permite el uso de residuos húmedos como los lodos de depuradora.”

Una evaluación independiente de la Fundación Agua y Medio Ambiente (WE&RF por sus siglas en inglés) consideró la LHT una tecnología altamente disruptiva con el potencial de tratar sólidos de aguas residuales. Investigadores de WE&RF observaron que el proceso tiene una alta eficiencia de conversión de carbono, lo que significa que casi el 60 por ciento del carbono disponible en los lodos primarios llega a convertirse en biocrudo. El informe pide nuevas demostraciones, que pronto estarán en marcha. El PNNL ha autorizado el uso de su tecnología LHT a Genifuel Corporation, con sede en Utah, Estados Unidos, que en estos momentos se encuentra trabajando con Metro Vancouver, una asociación de 23 autoridades locales en British Columbia, Canadá, para construir una planta de demostración.

“Metro Vancouver espera ser la primera empresa de tratamiento de aguas residuales en América del Norte en instalar la licuefacción hidrotérmica en una de sus plantas de tratamiento”, dijo Darrell Mussatto, presidente del Comité de Utilidades de Metro Vancouver. “El proyecto piloto costará de 8 a 9 millones de dólares canadiense, en los que Metro Vancouver proporcionará casi la mitad del coste directamente, dejando el saldo restante sujeto a financiación externa.”

Una vez quede la financiación ubicada, Metro Vancouver planea pasar a la fase de diseño en 2017, seguido por la fabricación de equipos y culminando con la puesta en marcha en 2018.

“Si esta tecnología emergente demuestra ser un éxito, una instalación de producción podría permitir en el futuro que la operación de aguas residuales de Metro Vancouver alcance sus objetivos de sostenibilidad de cero energía neta, cero olores y cero residuos”, agregó Mussatto.

Además del biocrudo, la fase líquida puede ser tratada con un catalizador para crear otros combustibles y productos químicos. También se genera una pequeña cantidad de material sólido, que contiene nutrientes importantes. A este efecto, los primeros esfuerzos han demostrado la capacidad de recuperar el fósforo, que podría reemplazar el mineral de fósforo utilizado en la producción de fertilizantes.

Entrando más en detalle, el proceso de Licuefacción Hidrotérmica se basa principalmente en tres pasos diferenciados:

1- Depolimerización o despolimerización de la biomasa:

La despolimerización de la biomasa es una disolución secuencial de macromoléculas mediante la utilización de sus propiedades físicas y químicas. Los biopolímeros de hemicelulosa y celulosa intrínsecos contribuyen positivamente a la estabilidad térmica del biocombustible. El proceso de despolimerización supera las dificultades y las propiedades obstinadas de la biomasa lignocelulósica que imita los procesos geológicos naturales de producción de combustibles fósiles.

Los parámetros decisivos de temperatura y presión cambian la estructura de los polímeros de cadena larga que consisten en hidrógeno, oxígeno y carbono a hidrocarburos de cadena más corta. Además, los contenidos de energía de los materiales orgánicos se reciclan en presencia de agua.

2. Descomposición de los monómeros de biomasa por escisión, deshidratación, descarboxilación y desaminación:

Este paso implica la pérdida de la molécula de agua (deshidratación), la pérdida de la molécula de CO₂ (descarboxilación) y la eliminación del contenido de aminoácidos (desaminación). La deshidratación y la descarboxilación facilitan la eliminación de oxígeno de la biomasa en forma de H₂O y CO₂ respectivamente. La biomasa que comprende macromoléculas se hidroliza para formar oligómeros y monómeros polares. El agua a altas temperaturas y presión descompone la estructura de celulosa ligada al hidrógeno y causa la formación de monómeros de glucosa. Debido a que la fructosa es más reactiva que la glucosa, se degrada rápidamente en una gran cantidad de productos por los diferentes tipos de reacciones, que incluyen isomerización, hidrólisis, deshidratación, desfragmentación aldólica inversa, reorganización y reacciones de recombinación. La mayoría de los productos de degradación tales como moléculas orgánicas polares, furfurales, glicolaldehídos, fenoles y ácidos orgánicos son altamente solubles en agua.

3. Recombinación y repolimerización de fragmentos reactivos:

En este tercer y último paso sucede un proceso inverso al inicial, debido a la falta de disponibilidad del compuesto de hidrógeno. Si el hidrógeno está disponible libremente en la matriz orgánica para el proceso de licuefacción, los radicales libres se cubrirán produciendo especies de peso molecular estable. En condiciones en las que la falta de disponibilidad del hidrógeno o la concentración de radicales libres son excesivamente grandes, los fragmentos se recombinan o se repolimerizan para formar compuestos de carbón de alto peso molecular.

En estos dos esquemas se puede apreciar más claramente el procedimiento y sus distintos pasos:

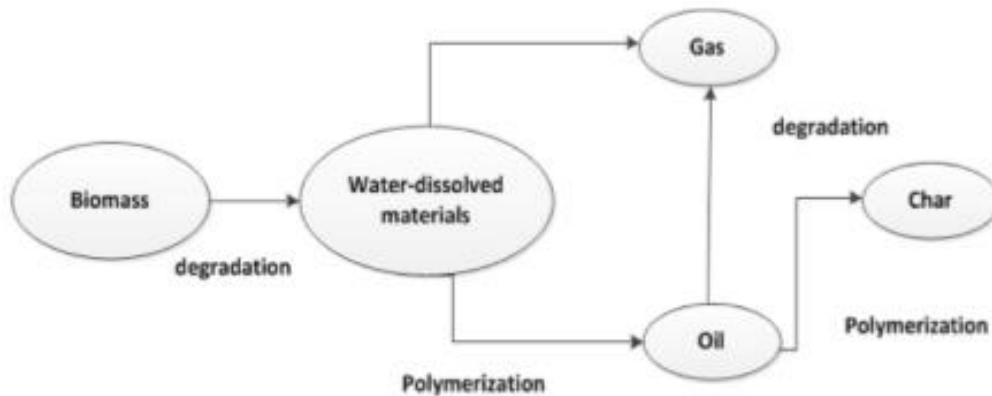


Figura 15: Pasos licuefacción hidrotérmica

Fuente: "Renewable and sustainable energy reviews", 2000, [Online], .

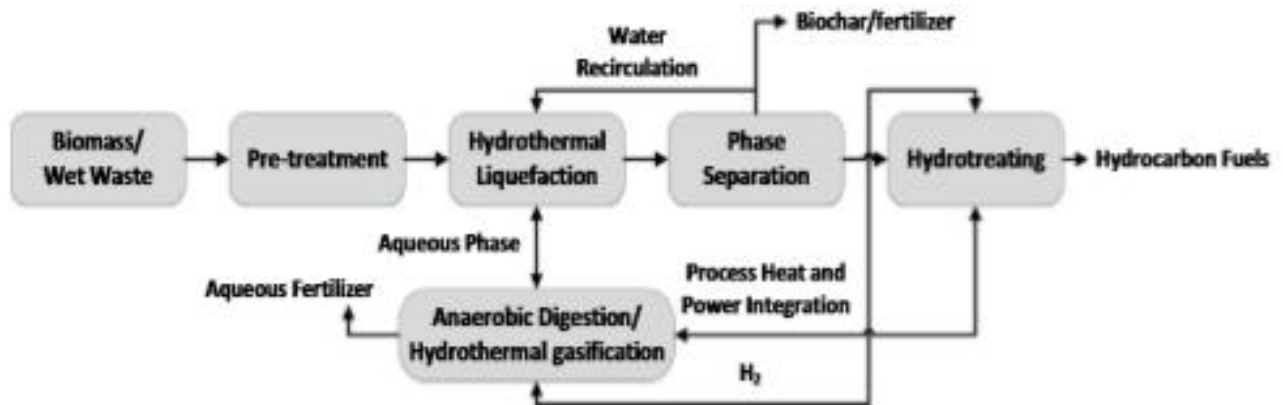


Figura 16: Diagrama de flujo del proceso HTL de biomasa de lignocelulosa adoptado de Biller y Ross

Fuente: "Renewable and sustainable energy reviews", 2000, [Online], .

3.1.7. MÉTODOS INNOVADORES ALTERNATIVOS Y COMPLEMENTARIOS A LOS MÉTODOS CONVENCIONALES DE GESTIÓN DE RESIDUOS DESARROLLADOS EN LA ACTUALIDAD POR GEA (proveedor de equipos de alto rendimiento para la industria marítima):

Es importante detallar que este método está aún por desarrollar y las pruebas e investigación realizadas fueron en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en tierras a una escala mayor a la que se desarrollaría en un buque, pero igualmente válida y útil a bordo; siendo implementada tras los métodos de depuración a los lodos resultantes.

Si se desarrolla adecuadamente en el futuro sería una muy buena alternativa a tener en cuenta en los cruceros en específico por la cantidad de aguas residuales que se producen, siendo de gran beneficio ambiental y mejorando el aprovechamiento energético del buque.

Actualmente GEA está implementados otros métodos alternativos a los convencionales, y que serían los últimos procesos previos a una posible implantación de la Licuefacción Hidrotérmica en el ámbito marítimo:

Todas las aguas residuales, tanto de origen urbano como industrial, terminan en plantas de tratamiento de aguas residuales. Lo mismo ocurre con las aguas residuales de los cruceros modernos. Basándose en más de un siglo de experiencia e innovación en el desarrollo de sistemas y soluciones para el sector marítimo, GEA ofrece tecnologías para el tratamiento de aguas residuales actualmente utilizadas en cruceros.

Máximo desagüe de lodos con el decantador MBR:

Los separadores y decantadores de GEA suelen utilizarse para procesar combustible y aceites lubricantes y para el tratamiento de agua de sentina, lodos y agua de lastre. Un desarrollo más reciente de nuestros decantadores es el tratamiento de aguas residuales en aplicaciones marítimas. La solución marítima se basa en el sistema de biorreactor de membrana (MBR) que durante muchos años se ha utilizado para separar agua tratada del lodo activado. Este sistema elimina la necesidad de utilizar un tanque de sedimentación.

A bordo del buque, el exceso de lodo activado filtrado por membrana se desagua utilizando un decantador UCD 305 MBR de GEA, que puede procesar hasta nueve metros cúbicos de lodo por hora y ofrece un tamaño idóneo para los buques de crucero.

Tecnología de biorreactor de membrana:

El biorreactor de membrana genera un exceso de lodo fino activado que contrasta con el grosor del lodo que se obtiene utilizando otras tecnologías. El decantador MBR incorpora características específicamente diseñadas para alcanzar el máximo grado de desagüe de este lodo fino y homogéneo con altas capacidades de rendimiento. El decantador, de pequeño tamaño, también es muy fácil de utilizar y puede configurarse para gestionar distintos tipos de efluentes. Los decantadores MBR constituyen un sistema probado y acreditado para todo tipo de buques.

https://www.gea.com/es/applications/marine/protecting-seas_oceans/protecting-seas_oceans_grey-and-black-water-treatment.jsp

3.1.8. CONTAMINACIÓN MARINA POR AGUAS DE LASTRE (BALLAST WATER)

Para concluir no nos podemos olvidar de la contaminación producida por las aguas de lastre, ya que no solo los vertidos de aguas fecales, hidrocarburos y residuos sólidos son perjudiciales para el medio marino, sino que las especies invasoras son un punto más a tratar en contaminación marina, como refleja la OMI estableciendo directrices que entraron en vigor el pasado año:

(OMI (Organización Marítima Internacional): Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques (BWM)

Adopción: 13 de febrero de 2004; entrada en vigor: 8 de septiembre de 2017):

Las especies acuáticas invasivas representan una gran amenaza para los ecosistemas marinos, y se ha determinado que el transporte marítimo constituye una importante vía para la introducción de especies en nuevos entornos.

El problema se agravó a medida que el volumen del comercio y el tráfico se fueron ampliando a lo largo de los últimos decenios, en particular con la introducción de los cascos de acero que permiten a los barcos usar agua como lastre en lugar de materiales sólidos. En muchas partes del mundo, los efectos de la introducción de nuevas especies han sido devastadores.

Los datos cuantitativos indican que el índice de invasiones biológicas continúa aumentando a un ritmo alarmante. Habida cuenta de que el volumen de las mercancías que se transportan por mar continúa en general aumentando, es posible que el problema aún no haya alcanzado su punto máximo.

No obstante, el Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, adoptado en 2004, tiene por objeto evitar la propagación de organismos acuáticos perjudiciales de una región a otra, estableciendo normas y procedimientos para la gestión y el control del agua de lastre y los sedimentos de los buques.

En el marco del Convenio, todos los buques dedicados al transporte marítimo internacional deben llevar a cabo una gestión de su agua de lastre y sedimentos que se ajuste a una norma determinada, de conformidad con un plan de gestión del agua de lastre elaborado para cada buque. Además, todos los buques tendrán que llevar un libro registro del agua de lastre y un certificado internacional de gestión del agua de lastre. Las normas para la gestión del agua de lastre se irán introduciendo gradualmente durante un período de tiempo determinado. Como solución intermedia, los buques deberían cambiar el agua de lastre en alta mar. Sin embargo, a la postre, la mayoría de los barcos tendrán que instalar un sistema de tratamiento de agua de lastre a bordo.

A los fines de facilitar la implantación del Convenio, se han elaborado algunas directrices.

Una vez que el Convenio haya entrado en vigor, se exigirá que todos los buques apliquen un plan de gestión del agua de lastre y los sedimentos. Además, todos los buques tendrán que llevar a bordo un libro registro del agua de lastre y deberán aplicar procedimientos de gestión del agua de lastre de conformidad con una norma determinada. Se exigirá que los buques existentes hagan lo mismo, pero después de un periodo de introducción progresiva.

Las Partes en el Convenio tienen la opción de adoptar medidas adicionales de conformidad con los criterios establecidos en el Convenio y las directrices de la OMI.

El Convenio está dividido en artículos, y en un anexo que incluye normas y prescripciones técnicas relativas a las Reglas para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques.

3.1.8.1. Posible futura solución a la problemática con el agua de lastre:

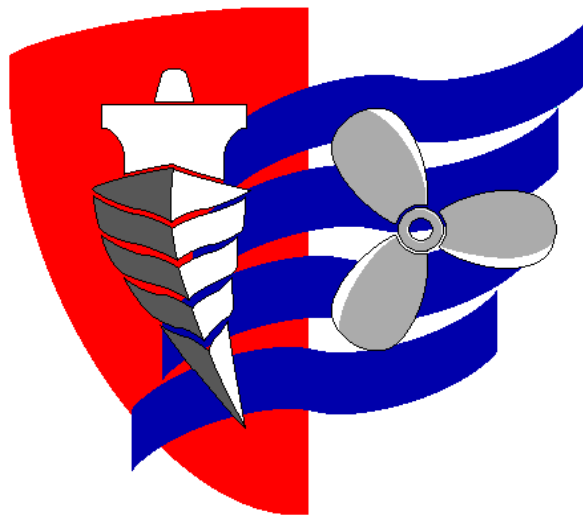
Un buque que disponga de un flujo constante y circular de entrada y salida de agua de lastre a bordo, evitaría la descarga de agua con especies invasoras en áreas distintas a las de la zona anterior en la que se tomó, siendo un método que eliminaría por completo la contaminación por este tipo de aguas y que permitiría a los buques ahorrarse su gestión y tratamiento. Es lo que proponen diversos artículos enfocados en la evolución ecológica de los buques del futuro. Ejemplo con el que me he informado:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12216/Neus%20T%C3%A9llez%20Roderó%20-%20TFC%20Diplomatura%20Navegaci%C3%B3n%20Mar%C3%ADtima.pdf>

Aunque no sea un proceso de valorización de las aguas de lastre, ya que no se le puede dar una segunda vida útil ni aprovechamiento energético, se trata de un método alternativo para gestionar estas posibles aguas contaminantes y evitar otra vía de contaminación marina; y que a mi parecer no podía dejar de lado en mi proyecto de fin de carrera, aunque haya sido brevemente.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CONCLUSIONES

4. CONCLUSIONES:

-La prevención es la mejor opción de gestión de residuos y aguas residuales, seguida y en este orden, de la preparación para la reutilización, del reciclado, de otras formas de valorización (incluida la energética) y por último de la eliminación (el depósito de residuos en puerto). El objetivo de la aplicación de la jerarquía de residuos es desplazar la mayor parte de las actuaciones de gestión de los residuos hacia los escalones superiores de la jerarquía, siendo la prevención de los residuos la primera prioridad en la medida en que es la opción ambiental (y económicamente) más sostenible. Todo ello con el objetivo de romper el vínculo entre el crecimiento económico e incremento en la generación de residuos para reducir los impactos ambientales asociados a la generación de residuos.

-Una de las ideas principales de este proyecto es fomentar la reutilización de ciertos residuos a bordo para darles una nueva vida útil como medida de prevención, y evitar así que estos sean una carga y problema a bordo, para, de esta manera minimizar los vertidos intencionados, y establecer unos estándares a seguir para la gestión a bordo de todos estos residuos y así, reducir los vertidos accidentales o en el caso de que se produzcan, no sean de tanta gravedad para el medio marino. Siendo parte de un proyecto más general que me gustaría completar en el futuro en el trabajo de fin de master, en el que también abordaría las energías renovables a bordo para crear así un buque más eficiente y autosuficiente, y finalizar la idea global de un **buque ecológico**.



Figura 17: Diseño de un modelo de crucero verde para 2020 (Ecoship)

Fuente: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/mercado/ecoship-modelo-crucero-verde-2020/20160610164322012280.html>

- El **buque de pasaje** junto con el **buque de carga general** son el tipo de buques de mayor afluencia de tráfico total anual en las costas de nuestro país, en comparación al resto del tráfico marítimo. A su vez se suma que el **buque de pasaje** soporta la mayor concentración de tráfico total anual de PBI (posible buque infractor). Por lo que mediante este estudio descartamos ciertas ideas preconcebidas entre la sociedad tales como:

+El buque más contaminante en las costas españolas es el buque petrolero, siendo errónea esta afirmación, ya que el buque de pasaje es el que presenta una mayor concentración de PBI.

+La zona más vulnerable y afectada por contaminación marina en las costas españolas debido a derrames de buques es el Mar Mediterráneo, no el norte de España (más en concreto Galicia) como se piensa.

- Debido a la gran demanda en el ámbito turístico, los buques de pasaje, más en concreto los cruceros, cada vez son de mayores proporciones para poder albergar a más pasajeros, por lo que la cantidad de residuos generados a bordo es enorme. Siendo estos como “ciudades flotantes”, que al igual que en tierra, sus residuos deben ser gestionados adecuadamente intentando siempre buscar alternativas lo menos perjudiciales para el medio y dando un aprovechamiento máximo de estos tanto funcionalmente como energéticamente mediante métodos de valorización.

-El consumo de plástico a bordo de los cruceros es enorme, por lo que el desarrollar posibles alternativas con materiales más respetuosos con el medioambiente, como son las algas, es el camino que seguir.

- Cuando hablamos de la “degradación del plástico” nos referimos a un proceso por el cual éste se separa en trozos cada vez más pequeños. ¿Hasta que desaparece? No, hasta que llega a ingresar a la cadena trófica. ¿Qué significa esto? Los seres vivos que están en la base de la cadena alimenticia empiezan a ingerirlos porque los trozos del material degradado llegan a alcanzar medidas ínfimas, y pasan a llamarse micro plásticos. Estos animales siguen su recorrido por la cadena siendo devorados por otros más grandes, y esos por otros, hasta llegar a los humanos.

Esto significa que estaríamos consumiendo minúsculos trozos de plástico de una forma alarmante.

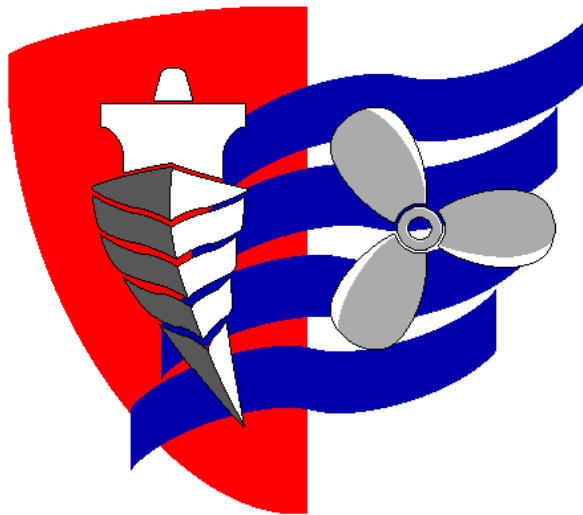
- La turbo secadora y el proceso de licuefacción hidrotérmica aún no están implementados e incluidos en los buques, pero son ideas teóricas a tener en cuenta y que posteriormente se debe comprobar si son factibles a bordo o no.

- Un buque que disponga de un flujo constante y circular de entrada y salida de agua de lastre a bordo, evitaría la descarga de agua con especies invasoras en áreas distintas a las de la zona anterior en la que se tomó, siendo un método que eliminaría por completo la contaminación por este tipo de aguas y que permitiría a los buques ahorrarse su gestión y tratamiento.

- También gracias a este proyecto ha sido posible evaluar la aplicación de los requisitos nacionales y europeos en el campo de la gestión de residuos a bordo e identificar áreas para mejoras que se necesiten hacer, en aras de optimizar la sostenibilidad en la industria marítima. Y a su vez poder establecer metodologías que impidan una mayor contaminación por vertidos al mar tanto premeditados como involuntarios.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



BIBLIOGRAFÍA

5.BIBLIOGRAFÍA.

5.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Martín Alonso, Juana.M. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria.
Análisis socioeconómico de sistema español de prevención contra la contaminación (2015).
- Hugo Perazzini, Flavio Bentes Freire, Fábio Bentes Freire, José Teixeira Freire. Thermal Treatment of Solid Wastes Using Drying Technologies: A Review. Drying technology, An International Journal, Vo. 34, páginas 39-52. (2015).
- "Renewable and sustainable energy reviews", [Online]. (2000).
- Espigares García, M., y Pérez López, J.A. Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada.(1985).
- Qian, L., Wang, S. & Savage, P.E., "Hydrothermal liquefaction of sewage sludge under isothermal and fast conditions", Bioresource Technology, vol. 232, pp. 27-34.(2017).
- Metcalf & Eddy. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Mc Graw Hill 3ª Edición. (1995).
- Oria Chaveli, Jesus.M. Universidad de Cantabria. Apuntes, Seguridad Marítima II. Prevención de la contaminación.
- Contaminación marina: Métodos de evaluación biológica
Sergio I. Salazar-Vallejo (Edición 2003).
- Kaldone G. Nweihed. La contaminación marina ante el derecho internacional La protección y limpieza de los mares para nuevos principios y normas jurídico-internacionales. (Edición 2008).

- Martínez Vidal, Anna. Trabajo de fin de carrera. Facultad de náutica de Barcelona. Estudio del plan de gestión de la basura desde el buque hasta la planta de recepción (2011).

- Santiago Díaz, Iván. Trabajo de fin de grado. Universidad de Cantabria. Tratamiento y vertido de aguas residuales por buques en zonas especiales: gestión de lodos generados por el proceso (2017).

- Orviz Gómez, Alejandro. Trabajo de fin de máster. Universidad de Cantabria. Sistema de gestión para vertidos de hidrocarburos en alta mar (2012).

- FARRINGTON, J.W. Oil Pollution in the Marine Environment III. Environment, SEP-OCT 2014, vol. 56, no. 5, pp. 12-24 ISSN 0013-9157 (2014).

- MAYER-PINTO, M., UNDERWOOD, A.J. and MARZINELLI, E.M. The matrix influences direct and indirect effects of an anthropogenic disturbance on marine organisms. Environmental Research, JAN 2015, vol. 136, pp. 15-20 ISSN 0013-9351. DOI 10.1016/j.envres.2014.10.006 (2015).

- LI, P. and GAO, X. Trace elements in major marketed marine bivalves from six northern coastal cities of China: Concentrations and risk assessment for human health. Ecotoxicology and Environmental Safety, NOV 2014, vol. 109, pp. 1-9 ISSN 0147-6513. DOI 10.1016/j.ecoenv.2014.07.023 (2014).

- KOUTSOGIANNAKI, S., FRANZELLITTI, S., KALOGIANNIS, S., FABBRI, E., DIMITRIADIS, V.K. and KALOYIANNI, M. Effects of cadmium and 17 betaestradiol on *Mytilus galloprovincialis* redox status. Prooxidant-antioxidant balance (PAB) as a novel approach in biomonitoring of marine environments. Marine Environmental Research, FEB 2015, vol. 103, pp. 80-88 ISSN 0141-1136. DOI 10.1016/j.marenvres.2014.11.007 (2015).

-SNYDER, R.A., VESTAL, A., WELCH, C., BARNES, G., PELOT, R., EDERINGTONHAGY, M. and HILEMAN, F. PAH concentrations in Coquina (*Donax* spp.) on a sandy beach shoreline impacted by a marine oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, JUN 15 2014, vol. 83, no. 1, pp. 87-91 ISSN 0025-326X. DOI 10.1016/j.marpolbul.2014.04.016 (2014).

- LOZADA, M., MARCOS, M.S., COMMENDATORE, M.G., GIL, M.N. and DIONISI, H.M. The Bacterial Community Structure of Hydrocarbon-Polluted Marine Environments as the Basis for the Definition of an Ecological Index of Hydrocarbon Exposure. *Microbes and Environments*, SEP 17 2014, vol. 29, no. 3, pp. 269-276 ISSN 1342-6311. DOI 10.1264/jsme2.ME14028 (2014).

- O'HARA, P.D., SERRA-SOGAS, N., CANESSA, R., KELLER, P. and PELOT, R. Estimating discharge rates of oily wastes and deterrence based on aerial surveillance data collected in western Canadian marine waters. *Marine Pollution Bulletin*, APR 15 2013, vol. 69, no. 1-2, pp. 157-164 ISSN 0025-326X. DOI 10.1016/j.marpolbul.2013.01.034 (2013).

- JANG, J. An analysis of education inequality in China. *International Journal of Educational development*, vol. 37, pp. 2-10 (2014).

- FERRARO, G., BERNARDINI, A., DAVID, M., MEYER-ROUX, S., MUELLENHOFF, O., PERKOVIC, M., TARCHI, D. and TOPOUZELIS, K. Towards an operational use of space imagery for oil pollution monitoring in the Mediterranean basin: A demonstration in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, APR 2007, vol. 54, no. 4, pp. 403-422 ISSN 0025-326X. DOI 10.1016/j.marpolbul.2006.11.022 (2007).

- FERRARO, G., MEYER-ROUX, S., MUELLENHOFF, O., PAVLIHA, M., SVETAK, J., TARCHI, D. and TOPOUZELIS, K. Long term monitoring of oil spills in European seas. *International Journal of Remote Sensing*, 2009, vol. 30, no. 3, pp. 627- 645 ISSN 0143-1161. DOI 10.1080/01431160802339464 (2009).

- CARPENTER, A. The Bonn Agreement Aerial Surveillance programme: trends in North Sea oil pollution 1986–2004. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 54, no. 2, pp. 149-163 (2007).

- CARPENTER, A. and MACGILL, S.M. The EU directive on port reception facilities for ship-generated waste and cargo residues: current availability of facilities in the North Sea. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 46, pp. 21-32 (2003).

- CARUSO, M.J., MIGLIACCIO, M., HARGROVE, J.T., GARCIA-PINEDA, O. and GRABER, H.C. Oil Spills and Slicks Imaged by Synthetic Aperture Radar. *Oceanography*, JUN 2013, vol. 26, no. 2, pp. 112-123 ISSN 1042-8275 (2013)

- CAMPHUYSEN, C.J. Declines in oil-rates of stranded birds in the North Sea highlight spatial patterns in reductions of chronic oil pollution. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 60, no. 8, pp. 1299-1306 (2010).
- VAN PASSEN, K. Personal communication. HAVENBEDRIJF ANTWERPEN, (2011).

- VOLCKAERT, F.A.M., KAYENS, G., SCHALLIER, R. and JACQUES, T.G. Aerial surveillance of operational oil pollution in Belgium's maritime zone of interest. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 40, pp. 1051-1056 (2000).

- Espigares García, M., y Pérez López, J.A. Aspectos sanitarios del estudio de las aguas. Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones. Granada (1985).

- Aeijelts, C.W., T.A. den Dunnen, T.A., y Vis, M. Report "Sewage treatment plants". (2012).

5.2. BIBLIOGRAFÍA LEGISLATIVA

- ORGANIZACION MARITIMA INTERNACIONAL. Código IGS: Código internacional de gestión de la seguridad y directrices para la implantación del código IGS. Londres: Organización Marítima Internacional., Edición de 2010. ISBN: 978-92-801-3100-0 (2010).
- IMO. CONVENIO INTERNACIONAL MARPOL 73/78.
- MARPOL Edición Refundida. Escrito por Organización Marítima Internacional (2006)
- IMO-MARPOL. Manual sobre la contaminación ocasionada por hidrocarburos (2005).
- Anon. International Conferences on the Protection of the North Sea. MINISTRY OF THE ENVIRONMENT AND ENERGY, DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, COPENHAGEN, (1995b).
- Anon. Esbjerg Declaration. 4th International Conference on the Protection of the North Sea MINISTRY OF ENVIRONMENT AND ENERGY, DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, COPENHAGEN, ed., (1995).
- Unión Europea. Directiva 2000/59/EC of the European Parliament and the Council of 27 November 2000 on port reception facilities for ship-generated waste and cargo residues. Directiva comunitaria. Official Journal of the European Communities L332, 28/12/2000, p. 0081-0090 (2000).
- CONSSO. Progress Report FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PROTECTION OF THE NORTH SEA, ed, (2002).

5.3. WEBGRAFÍA

Las páginas web expuestas a continuación fueron consultadas entre febrero y agosto de 2018:

<https://www.educacion.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1168662>

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/10672/lv%C3%A1n%20Santiago%20D%C3%ADaz.pdf?sequence=1>

<https://blogs.20minutos.es/cronicaverde/2012/08/21/esas-sucias-ciudades-flotantes-que-llamamos-cruceros-de-lujo/>

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13725/MARPOL_ACABAT\[1\]3final.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13725/MARPOL_ACABAT[1]3final.pdf)

<http://www.europapress.es/turismo/transportes/navieras/noticia-costa-pacifico-pionero-gestion-residuos-bordo-20140911123045.html>

https://www.gea.com/es/applications/marine/protecting-seas_oceans/protecting-seas_oceans_grey-and-black-water-treatment.jsp

<https://www.residuosprofesional.com/desarrollan-un-innovador-tratamiento-para-las-aguas-de-sentinas/>

<http://quefuerteeslaciencia.com/2016/12/14/combustible-a-partir-de-aguas-residuales-el-futuro-esta-mas-cerca-de-lo-que-piensas/>

<https://gestoresderesiduos.org/noticias/combustible-a-partir-de-aguas-residuales>

[http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12216/Neus%20T%C3%A9lez%20Rodero%20%20TFC%20Diplomatura%20Navegaci%C3%B3n%20Mar%C3%A9tima.pdf>

<http://www.nauticexpo.es/prod/teamtec-as/product-31696-190889.html>

<http://www.nauticexpo.es/fabricante-barco/compactador-basura-buque-44986.html>

<http://www.nauticexpo.es/fabricante-barco/trituradora-residuos-buque-45398.html>

<http://www.europapress.es/turismo/transportes/navieras/noticia-costa-pacifico-pionero-gestion-residuos-bordo-20140911123045.html>

<https://gestoresderesiduos.org/noticias/combustible-a-partir-de-aguas-residuales>

https://www.gea.com/es/applications/marine/protecting-seas_oceans/protecting-seas_oceans_grey-and-black-water-treatment.jsp

<https://www.residuosprofesional.com/desarrollan-un-innovador-tratamiento-para-las-aguas-de-sentinas/>

www.atritor.com > products > ast-dryer

https://www.gea.com/es/applications/marine/protecting-seas_oceans/protecting-seas_oceans_grey-and-black-water-treatment.jsp

<https://www.residuosprofesional.com/desarrollan-un-innovador-tratamiento-para-las-aguas-de-sentinas/>

<http://quefuerteeslaciencia.com/2016/12/14/combustible-a-partir-de-aguas-residuales-el-futuro-esta-mas-cerca-de-lo-que-piensas/>

<https://gestoresderesiduos.org/noticias/combustible-a-partir-de-aguas-residuales>

<https://www.recytrans.com/blog/jerarquia-de-residuos/>

<http://www.aeded.org/comunicacion/noticias/la-jerarquia-gestion-residuos>

<https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/el-agua-del-grifo-esta-llena-de-microplasticos-y-no-sabemos-que-efecto-tienen-a-largo-plazo>

AVISO:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”